



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

**ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ - ΑΜΑΛΙΑΔΑ
(πρώην Τμήμα Τεχνολόγων Γεωπόνων)**

***ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΞΥΠΝΩΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΩΝ
ΑΡΔΕΥΣΗΣ***

ΧΡΗΣΤΟΣ Α. ΧΑΤΖΕΛΑΣ

Α.Μ.: 11738

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΜΑΛΑΜΟΣ

ΑΜΑΛΙΑΔΑ

ΙΟΥΝΙΟΣ 2020

Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 ΓΕΝΙΚΑ	1
1.2 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ.....	2
1.3 ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ	2
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	4
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ	4
2.2 ΤΟ ΕΔΑΦΟΣ.....	5
2.3 ΚΙΝΗΣΗ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ.....	7
2.4 ΔΙΗΘΗΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ.....	9
2.5 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΔΙΗΘΗΤΙΚΟΤΗΤΑ	11
2.6 ΕΔΑΦΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ	13
2.7 ΥΔΑΤΟΪΚΑΝΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ.....	15
2.8 ΣΗΜΕΙΟ ΜΟΝΙΜΗΣ ΜΑΡΑΝΣΕΩΣ.....	16
2.9 ΔΙΑΘΕΣΙΜΗ ΚΑΙ ΩΦΕΛΙΜΗ ΥΓΡΑΣΙΑ	17
2.10 ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗ	18
2.10.1 ΔΥΝΗΤΙΚΗ ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗ.....	20
2.10.2 ΜΕΘΟΔΟΣ THORNTHWAITE.....	21
2.10.3 ΜΕΘΟΔΟΣ BLANEY – CRIDDLE	24
2.10.4 ΜΕΘΟΔΟΣ JENSEN – HAISE	27
2.10.5 ΜΕΘΟΔΟΣ PENMAN.....	30
2.10.6 ΜΕΘΟΔΟΣ PENMAN – MONTEITH.....	33
2.10.7 ΜΕΘΟΔΟΣ DOORENBOS – PRUITT	34
2.11.ΑΡΔΕΥΣΗ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ	36
2.11.1 ΑΝΑΓΚΕΣ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΣΕ ΝΕΡΟ ΑΡΔΕΥΣΕΩΣ.....	36
2.11.2 ΩΦΕΛΙΜΗ ΒΡΟΧΗ.....	37
2.11.3 ΥΠΟΓΕΙΟ ΝΕΡΟ	39
2.11.4 ΑΡΔΕΥΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ	39
2.11.5 ΕΚΠΛΥΣΗ ΤΩΝ ΑΛΑΤΩΝ.....	40
2.11.6 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΑΡΔΕΥΣΕΩΝ	42
2.11.7 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΡΔΕΥΣΕΩΣ.....	45
2.11.8 ΑΡΔΕΥΣΗ ΜΕ ΚΑΤΑΚΛΥΣΗ.....	47
2.11.9 ΑΡΔΕΥΣΗ ΜΕ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΗ ΔΙΑΧΥΣΗ.....	49
2.11.10 ΑΡΔΕΥΣΗ ΜΕ ΑΥΛΑΚΙΑ	50
2.11.11 ΑΡΔΕΥΣΗ ΜΕ ΚΑΤΑΙΟΝΙΣΜΟ.....	53
2.11.12 ΑΡΔΕΥΣΗ ΜΕ ΣΤΑΓΟΝΕΣ	58

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΕΞΥΠΝΟΙ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΕΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ.....	65
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	65
3.2 ΤΥΠΟΙ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΩΝ.....	66
3.2.1 ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΗΣ ΣΤΟ 220V AC – 24V AC	67
3.2.2 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΗΣ ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ.....	69
3.3 ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΩΝ.....	71
3.4 ΚΕΝΤΡΙΚΑ/ ΔΟΥΡΥΦΟΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	79
3.5 ΚΑΛΩΔΙΩΣΗ	82
3.6 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΕΞΥΠΝΩΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΩΝ ΑΡΔΕΥΣΗΣ	86
3.7 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΕΞΥΠΝΩΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΩΝ	86
3.8 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΕΣ ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ.....	88
3.8.1 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΕΣ ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ ΕΤΑΙΡΙΑΣ SOLEM.....	88
3.9 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΕΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ.....	91
3.9.1 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΕΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΕΤΑΙΡΙΑΣ SIGNATURE	91
3.9.2 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΕΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΕΤΑΙΡΙΑΣ GALCON	96
3.9.3 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΕΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΕΤΑΙΡΙΑΣ RAIN BIRD.....	100
3.9.4 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΕΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΕΤΑΙΡΙΑΣ HUNTER.....	108
3.9.5 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΕΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΕΤΑΙΡΙΑΣ SOLEM	115
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΞΥΠΝΩΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΩΝ ΑΡΔΕΥΣΗΣ	121
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	121
4.2 ΠΙΝΑΚΕΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΩΝ.....	122
4.3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	126
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	127

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η ζωή και ο πολιτισμός γεννήθηκαν και εξελίχθηκαν εκεί που υπήρχε νερό. Δεν υπάρχει ανθρώπινη δραστηριότητα που να μην εξαρτάται άμεσα ή έμμεσα από το νερό. Με τον σχηματισμό των πρώτων κοινωνιών αυξήθηκε η ανάγκη του ανθρώπου για τροφή χωρίς να χρειάζεται να μεταναστεύει. Έτσι άρχισε να καλλιεργεί την γη και ανέπτυξε την γεωργία αφήνοντας τη ζωή του τροφosuλλέκτη. Η καλλιέργεια και η ανάπτυξη των φυτών είναι αδύνατη χωρίς την απαραίτητη για τις ανάγκες εδαφική υγρασία, η οποία προέρχεται είτε από το νερό της βροχής είτε από την προσθήκη νερού στο έδαφος (άρδευση). Η προσθήκη νερού αυξάνει την ανάπτυξη και την παραγωγή των φυτών, αλλά συγχρόνως δίνει την δυνατότητα να ευδοκιμούν φυτά που οι ανάγκες σε νερό υπερβαίνουν αυτές που μπορούν να ικανοποιηθούν με την βροχή.

Η άρδευση συνεπώς είναι μια από τις παρεμβάσεις του ανθρώπου στο φυσικό οικοσύστημα, που επιδρά καθοριστικά στην οικονομική δράση και κοινωνική ανάπτυξη, και στη πολιτισμική εξέλιξη του ανθρώπου. Οι πρώτες κοινωνίες ανέπτυξαν την τεχνολογία της άρδευσης στις τέσσερις μεγάλες ποτάμιες κοιλάδες: του Νείλου στην Αίγυπτο, του Τίγρη και του Ευφράτη στην Μεσοποταμία, του Κίτρινου ποταμού στην Κινά και του Ινδού στην Ινδία. Σε αυτές τις περιπτώσεις γινόταν πλημμυρίζοντας με νερό περιοχές, οι οποίες περιβάλλονταν με χωμάτινα φράγματα. Η εξέλιξη των μεθόδων της άρδευσης ακολουθεί την εξέλιξη των καλλιεργητικών τεχνικών που διαχρονικά υποστηρίζουν τις ανάγκες της γεωργικής παραγωγής και των φιλοτεχνικών δραστηριοτήτων γενικότερα. Τα σύγχρονα συστήματα άρδευσης όπως εφαρμόζονται ειδικά στην κηποτεχνία, είναι δίκτυα που έχουν στόχο την ομοιόμορφη και ορθολογική κατανομή του νερού, ώστε να εξασφαλίζονται στα φυτά οι καλύτερες δυνατές συνθήκες ανάπτυξης τους, για την θετική βιοκλιματική και αισθητική παρέμβαση τους τόσο στο ανθρωπογενές όσο και στο φυσικό περιβάλλον.

1.2 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ

Ο βασικός σκοπός κάθε επιστημονικής και τεχνολογικής εφαρμογής είναι η γενικότερη βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος και φυσικά, της ποιότητας ζωής. Η πρόοδος στην άρδευση στην διάρκεια της ανθρώπινης εξέλιξης στην γεωργία έχει βελτιώσει την ποιότητα ζωής του καλλιεργητή, με αποτέλεσμα να εξοικονομηθούν υδάτινοι πόροι, ανθρώπινο δυναμικό και ώρες εργασίας. Ένα πολύ σημαντικό ρόλο σε ένα σύγχρονο αρδευτικό δίκτυο παίζει ο προγραμματιστής άρδευσης. Αυτοί συνδέονται με ηλεκτροβάνες και ρυθμίζουν την διαδοχική σειρά με την οποία θα ανοίγουν και θα κλείνουν. Με αυτόν τον τρόπο έχουμε έλεγχο του νερού που χρησιμοποιείται και ταυτόχρονα λιγότερο κόπο του ανθρώπου.

Στην ακόλουθη εργασία θα παρουσιαστούν τα βασικά χαρακτηριστικά και έννοιες της επιστήμης των αρδεύσεων, ενώ θα αναλυθεί και θα αξιολογηθεί ένα πολύ σημαντικό μέρος αυτής που είναι οι έξυπνοι προγραμματιστές άρδευσης. Συγκεκριμένα θα γίνει αναλυτική συγκριτική παρουσίαση όλων των νέων μοντέλων έξυπνων προγραμματιστών άρδευσης που είναι διαθέσιμοι στην ελληνική αγορά, με σκοπό τη δημιουργία μιας βάσης δεδομένων ικανής να αποτελέσει εργαλείο για τον σχεδίαση και λειτουργία των σύγχρονων αρδευτικών συστημάτων σε όλες τις κλίμακες μεγέθους.

1.3 ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αποτελείται από 4 κεφάλαια. Στο παρόν κεφάλαιο, που είναι εισαγωγικό δίνεται ο σκοπός και η δομή της εργασίας.

Στο 2^ο κεφάλαιο δίνεται αναλυτική περιγραφή για τις αρχές, τις έννοιες και τους νόμους που οδηγούν στη σωστή εφαρμογή των αρδεύσεων. Σημαντική έκταση δίνεται στο έδαφος σαν μέσο διακινήσεως και αποθηκεύσεως του νερού, στην κατανάλωση νερού από τις καλλιέργειες, στον προγραμματισμό των αρδεύσεων, στον τρόπο εφαρμογής των αρδεύσεων και στην απομάκρυνση του πλεονάζοντος νερού από τα χωράφια.

Στο 3^ο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στον προγραμματισμό των αρδεύσεων, δίνονται τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των προγραμματιστών άρδευσης,

παρουσιάζονται αναλυτικά οι προγραμματιστές άρδευσης που κυκλοφορούν στην ελληνική αγορά, οι δυνατότητες και οι διαφορές τους.

Στο 4^ο κεφάλαιο συγκρίνονται, αξιολογούνται οι έξυπνοι προγραμματιστές άρδευσης. Δίνονται χρήσιμα συμπεράσματα από την μελέτη τους. Παρουσιάζονται αναλυτικά πίνακες με τους προγραμματιστές άρδευσης με στοιχεία και τιμές στην ελληνική αγορά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Το νερό αποτελεί βασικό στοιχείο του κύκλου της ζωής. Σε δυναμικά αναπτυσσόμενες καλλιέργειες, το νερό είναι τέσσερις με οχτώ φορές παραπάνω από το βάρος των στερεών συστατικών των φυτών. Ακόμη, για την παραγωγή μιας μονάδας ξερής φυτικής ουσίας χρειάζεται να περάσουν μέσα από τα φυτά πολλές εκατοντάδες μονάδες νερού που χάνονται στην ατμόσφαιρα με την διαδικασία της διαπνοής.

Τα φυτά παίρνουν το νερό από το έδαφος. Με την έννοια αυτή, το έδαφος μπορεί να χαρακτηριστεί σαν μια αποθήκη που δέχεται νερό με τη μορφή βροχής ή αρδεύσεως το οποίο στη συνέχεια διαθέτει στα φυτά. Για να είναι το εδαφικό νερό χρήσιμο στις καλλιέργειες πρέπει να κρατιέται ανάμεσα σε ορισμένα όρια. Αν υπάρχει υπέρβαση των ορίων αυτών, το νερό γίνεται επιζήμιο και πρέπει να απομακρύνεται με στράγγιση. Αντίθετα, αν το εδαφικό νερό πέσει κάτω από τα επιτρεπόμενα όρια, οι καλλιέργειες δεν μπορούν να αναπτυχθούν κανονικά οπότε το νερό πρέπει να προστεθεί με άρδευση. Για την σωστή άρδευση και στράγγιση είναι απαραίτητη η σε βάθος γνώση των νόμων που διέπουν την κίνηση, ανακατανομή και συγκράτηση του νερού στο έδαφος. Το νερό χάνεται από τα χωράφια με τις διαδικασίες της διαπνοής και της εξατμίσεως. Εξάτμιση και διαπνοή είναι συνάρτηση πολλών παραγόντων που έχουν σχέση με τα χαρακτηριστικά των καλλιεργειών, τη διαθεσιμότητα ενέργειας και την κατάσταση που επικρατεί στην ατμόσφαιρα στην περιοχή του φυλλώματος των καλλιεργειών. Πηγή ενέργειας για τα φυτά είναι η ηλιακή ακτινοβολία. Η κατάσταση που επικρατεί στην ατμόσφαιρα διαμορφώνεται κατά κύριο λόγο από την ταχύτητα του ανέμου, τη σχετική υγρασία και την θερμοκρασία.

2.2 ΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

Το έδαφος, με τη γεωγραφική του έννοια, μπορεί να θεωρηθεί σαν ένα σύνθετο σύστημα που ταυτόχρονα είναι μια αποθήκη θρεπτικών στοιχείων, ένα περιβάλλον στο οποίο αναπτύσσεται και δρα πλήθος μικροοργανισμών, ένα μέσο στερεώσεως των φυτών, ένα μέσο διακινήσεως του νερού προς όλες τις κατευθύνσεις και μια αποθήκη νερού από την οποία τα φυτά αντλούν την απαραίτητη για την ανάπτυξη τους υγρασία. Μητρικό υλικό των ορυκτών εδαφών αποτελούν τα χαλαρά συγκρατούμενα τεμαχίδια αποσαθρωμένων πετρωμάτων ή ιζηματογενή υλικά διαφόρων ειδών και προελεύσεων. Η φυσική και χημική διάβρωση που δρα χωρίς διακοπή πάνω στα υλικά αυτά, έχει σαν αποτέλεσμα την κατά βάθος διάστρωση των εδαφών.

Ο τρόπος εναλλαγής των στρώσεων και το είδος των υλικών από τα οποία αποτελούνται επηρεάζουν σε βάθος και πυκνότητα ανάπτυξη του ριζικού συστήματος των φυτών όπως και την κίνηση, ανακατανομή και αποθήκευση του νερού. Βασικά φυσικά χαρακτηριστικά ενός εδάφους είναι η υφή και η δομή. Εδαφική υφή είναι η ποσοστιαία αναλογία των διαφόρου μεγέθους ορυκτών σωματιδίων που απαρτίζουν το έδαφος. Εδαφική δομή είναι ο τρόπος διατάξεως των σωματιδίων αυτών για τον σχηματισμό ομάδων ή συσσωματωμάτων. Εδαφική υφή και δομή σε συνδυασμό, ρυθμίζουν σε μεγάλο βαθμό τον τρόπο εφοδιασμού και διακίνησης του νερού στο έδαφος. Η ταξινόμηση των εδαφικών σωματιδίων γίνεται με μηχανική ανάλυση. Οι τρόποι που γίνεται η ανάλυση αυτή είναι παγκόσμια τυποποιημένοι. Τα εδάφη διακρίνονται ανάλογα με τη περιεκτικότητά τους σε άμμο, ιλύ και άργιλο σε 12 τύπους υφής που δίνονται στον πίνακα 2.2.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2.1

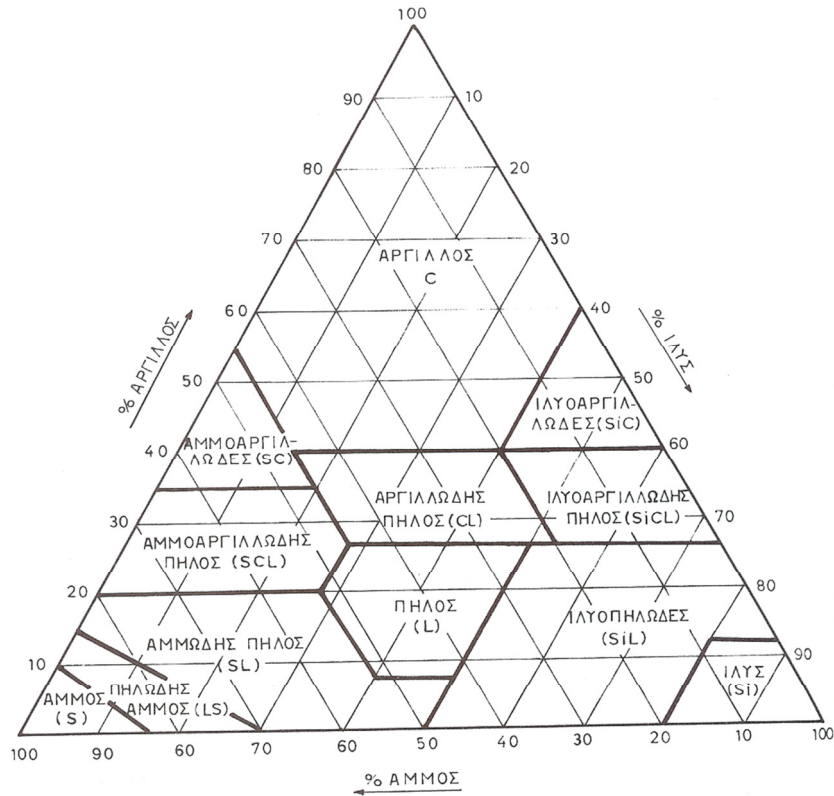
Ταξινόμηση των εδαφικών σωματιδίων (κόκκων) κατά το USDA

Χαρακτηρισμός σωματιδίων	Διάμετρος κόκκων, mm	Αριθμός κόκκων ανά gr	Επιφάνεια κόκκων, cm ² /gr
(1)	(2)	(3)	(4)
Άμμος	2,00 – 0,05		
Πολύ χονδρή	2,00 – 1,00	90	11
Χονδρή	1,00 – 0,50	720	23
Ενδιάμεση	0,50 – 0,25	5700	45
Λεπτή	0,25 – 0,10	46000	91
Πολύ λεπτή	0,10 – 0,05	722000	227
Ιλύς	0,05 – 0,002	5776000	454
Άργιλλος	< 0,002	90261000	8000000

Η δομή ενός εδάφους μπορεί να είναι ομοιόμορφη σε όλο το βάθος του ή να διαφέρει από ορίζοντα σε ορίζοντα, με συνηθέστερη την δεύτερη περίπτωση. Τα εδάφη ταξινομούνται σε έξι βασικούς τύπους που είναι: 1. Τα ελαφρά μονόκοκκα 2. Τα βαρέα μονόκοκκα 3. Κυβικής μορφής 4. Πλακώδη 5. Κοκκώδη και 6. Πρισματικά.

- Τα ελαφρά μονόκοκκα εδάφη απαρτίζονται από σωματίδια με ομοιόμορφους κόκκους τις τάξεως της άμμου, στερούνται δομή και επιτρέπουν την εύκολη διείσδυση και διακίνηση του νερού.
- Τα βαρέα μονόκοκκα απαρτίζονται από κόκκους της τάξεως της αργίλου. Δεν έχουν δομή και μοιάζουν με συμπαγή άμορφη μάζα, με αποτέλεσμα το νερό να κινείται μέσα σε αυτά τα εδάφη πολύ δύσκολα.
- Στα κυβικής μορφής εδάφη οι κόκκοι σχηματίζουν συσσωματώματα που έχουν μορφή κύβων και επιτρέπουν καλή διακίνηση του νερού.
- Τα πλακώδη αποτελούνται από πλατιά και λεπτά συσσωματώματα στα οποία η πλευρική κίνηση του νερού γίνεται εύκολα σε αντίθεση με την κατακόρυφη που γίνεται με δυσκολία.
- Στα πρισματικά εδάφη τα συσσωματώματα έχουν την μορφή πρισμάτων με μακρύ τον κατακόρυφο άξονα τους και παρουσιάζουν εύκολη διείσδυση και κατακόρυφη κίνηση του νερού.

- Τα κοκκώδη απαρτίζονται από σφαιρικά συσσωματώματα και εκτελούν καλή κίνηση του νερού προς όλες τις κατευθύνσεις.



ΣΧΗΜΑ 2.2.1

Κατάταξη εδαφών σε τύπους υφής ανάλογα με την ποσοστιαία αναλογία σε άμμο, ιλύ και άργιλο σύμφωνα με το USDA.

2.3 ΚΙΝΗΣΗ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟ ΕΛΑΦΟΣ

Ο θεμελιώδης νόμος για την κίνηση του νερού σε πορώδη μέσα διατυπώθηκε από τον Darcy το 1856 και είναι ο ακόλουθος: Η ροή του νερού σε ένα πορώδες μέσο είναι ανάλογη προς την υδραυλική κλίση και ενός παράγοντα, γνωστού σαν συντελεστή υδροπερατότητας, που είναι χαρακτηριστικός του πορώδους μέσου. Η βασική σχέση που εκφράζει τον νόμο αυτό είναι:

$$Q = -K \frac{dH}{dL} A \quad (2.3.1)$$

Όπου Q είναι η παροχή, A είναι η διατομή της ροής, $\frac{dH}{dL}$ είναι η υδραυλική κλίση και K είναι ο συντελεστής υδατοπερατότητας.

Ο νόμος του Darcy ισχύει για κορεσμένη και ακόρεστη ροή, με την προϋπόθεση ότι η ροή αυτή είναι στρωτή. Αν η ροή είναι κορεσμένη, ο συντελεστής υδατοπερατότητας έχει σταθερή τιμή που εξαρτάται μόνο από τα χαρακτηριστικά του πορώδους μέσου. Στη περίπτωση αυτή το K λέγεται υδραυλική αγωγιμότητα. Αν η ροή είναι ακόρεστη ο συντελεστής υδατοπερατότητας παίρνει διάφορες τιμές που είναι συνάρτηση των χαρακτηριστικών του πορώδους μέσου και τις περιεχόμενης σε αυτό υγρασίας. Το K στη περίπτωση αυτή λέγεται τριχοειδής αγωγιμότητα.

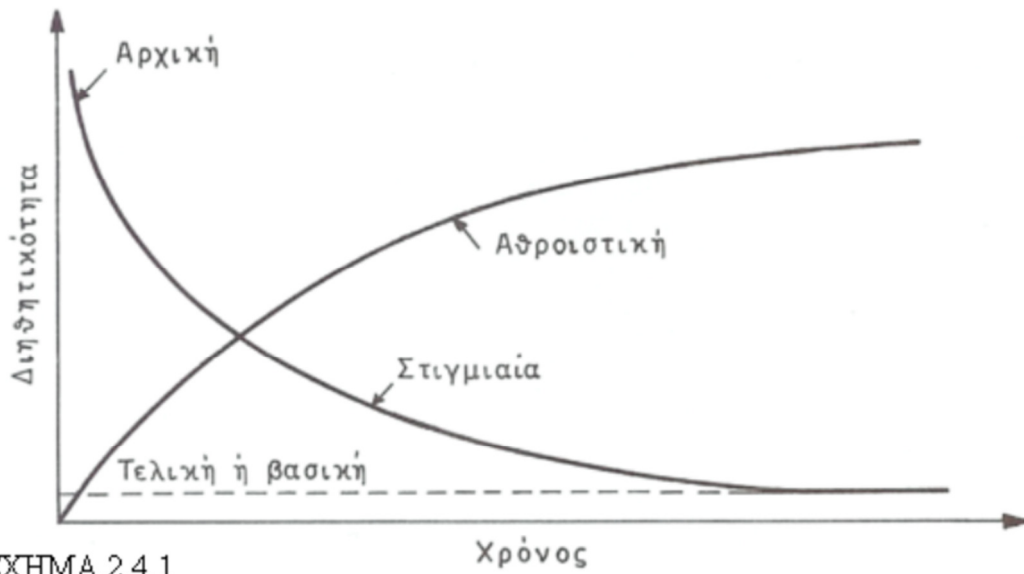
Σε ένα κορεσμένο έδαφος η κίνηση του νερού μπορεί να είναι οριζόντια, κατακόρυφη ή προς οποιαδήποτε άλλη κατεύθυνση (Elmaloglou and Malamos (2007)). Η ανάλυση της ροής για καθεμία από τις περιπτώσεις αυτές γίνεται χωριστά με τη βοήθεια εδαφικών στηλών. Σε εδάφη που αποτελούνται από δυο ή περισσότερες εδαφικές στρώσεις για να είναι δυνατή η εφαρμογή του νόμου του Darcy πρέπει η ροή του νερού σε κάθε στρώση χωριστά να είναι στρωτή.

Στο επιφανειακό έδαφος αναπτύσσεται το ριζικό σύστημα των φυτών που είναι κατά κανόνα ακόρεστο. Εκεί βρίσκονται οι πόροι του εδάφους (νερό και αέρας). Έτσι η εδαφική υγρασία βρίσκεται κάτω από αρνητική πίεση που μπορεί να θεωρηθεί σαν ίση και αντίθετη με τη δύναμη που χρειάζεται για την απομάκρυνση του νερού από τους εδαφικούς πόρους. Αν ένα έδαφος αρχικά κορεσμένο με νερό αφηθεί να στραγγίσει, πρώτα αδειάζουν από το νερό οι πόροι με τη μεγαλύτερη διάμετρο και ακολουθούν αυτοί με τη μικρότερη. Όσο λιγότερο νερό μένει στο έδαφος τόσο πιο ισχυρά συγκρατιέται. Αυτή η ικανότητα (δύναμη) συγκρατήσεως κατά κύριο λόγο εξαρτάται:

- Από το μέγεθος, το σχήμα και τη κατανομή των εδαφικών πόρων
- Τη γωνία επαφής του νερού με τα εδαφομόρια που περιβάλλουν τους πόρους
- Την επιφανειακή τάση.

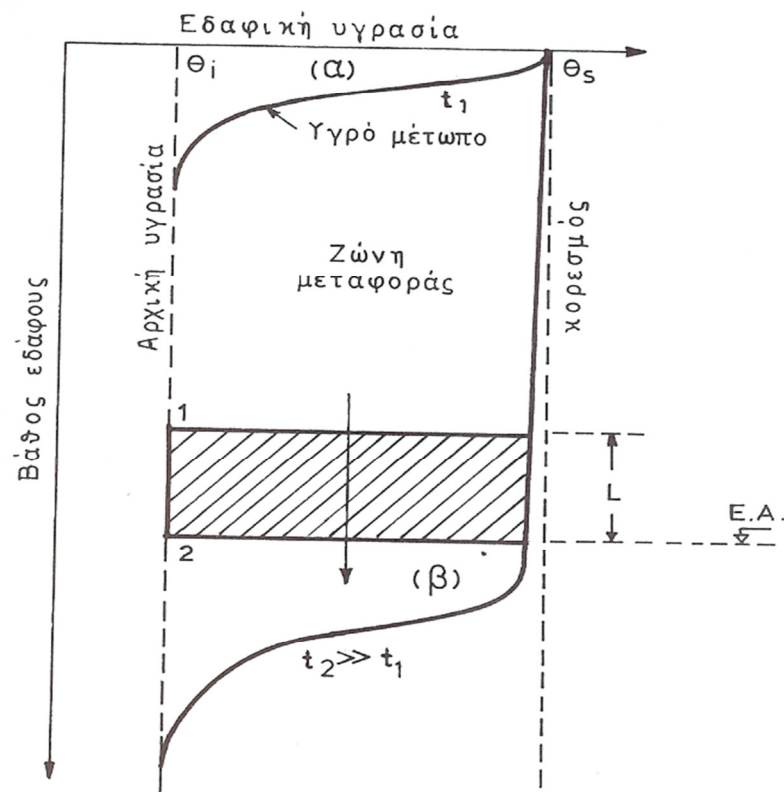
2.4 ΔΙΗΘΗΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

Στη διάρκεια μιας βροχής ή άρδευσης το νερό κινείται, δια της επιφάνειας του εδάφους, προς βαθύτερα στρώματα. Η διήθηση αυτή του νερού στο έδαφος, που εξαρτάται από την κατάσταση της επιφάνειας, τη δομή και την υφή, τη σε βάθος ομοιογένεια και στα αρχικά στάδια, από την εδαφική υγρασία, αποτελεί το φαινόμενο της διηθήσεως. Όταν ένα έδαφος είναι αρχικά ξερό και δέχεται στην επιφάνεια του νερό, διαμορφώνεται μια αρκετά σαφής διαχωριστική επιφάνεια ανάμεσα στο έδαφος που έχει ήδη υγρασθεί από το κατερχόμενο νερό και στο έδαφος που ακόμη είναι ξερό. Η διαχωριστική αυτή επιφάνεια λέγεται υγρό μέτωπο ή μέτωπο προσπελάσεως. Η υγρή περιοχή που βρίσκεται ανάμεσα στη επιφάνεια του εδάφους και το μέτωπο προσπελάσεως λέγεται ζώνη μεταφοράς. Η ζώνη αυτή επιμηκύνεται συνέχεια όσο κρατάει η εφαρμογή του νερού, έχει σχεδόν σταθερή περιεκτικότητα σε νερό με βαθμό κορεσμού 80% - 95% και σχεδόν σταθερό, ελαφρά αρνητικό, ύψος πίεσεως που κυμαίνεται από -5cm μέχρι -25cm. Η ταχύτητα με την οποία το νερό διηθείται στο έδαφος δεν είναι σταθερή με το χρόνο. Αρχικά η ταχύτητα αυτή είναι πολύ μεγάλη αλλά, με τη πάροδο του χρόνου, ελαττώνεται σημαντικά μέχρι κάποιο όριο που από εκεί και πέρα παραμένει σταθερή. Η ταχύτητα διηθήσεως στην αρχή του φαινομένου λέγεται αρχική διηθητικότητα και η σταθερή τιμή που παίρνει μετά την παρέλευση αρκετού χρόνου λέγεται τελική ή βασική διηθητικότητα. Η ταχύτητα διηθήσεως σε οποιαδήποτε στιγμή κατά τη διάρκεια του φαινομένου λέγεται στιγμιαία διηθητικότητα. Η ποσότητα του νερού που διηθείται στο έδαφος από την αρχή του φαινομένου μέχρι κάποιο χρόνο λέγεται αθροιστική διηθητικότητα. Σε ένα διάγραμμα του νερού οι καμπύλες τις στιγμιαίας και αθροιστικής διηθητικότητας έχουν πρωταρχική σημασία στην εφαρμογή των αρδεύσεων γιατί, με βάση αυτές, καθορίζεται ο ρυθμός εφαρμογής του νερού και η διάρκεια της αρδεύσεως.



ΣΧΗΜΑ 2.4.1

Τυπικές καμπύλες στιγμιαίας και αθροιστικής διηθητικότητας ομογενών εδαφών.



ΣΧΗΜΑ 2.4.2

Κίνηση του νερού στο έδαφος κατά τη διάρκεια της διηθήσεως.

Στο σχήμα 2.4.2 δίνεται η θέση του υγρού μετώπου σε δυο διαφορετικούς χρόνους. Η καμπύλη (α) δείχνει τη θέση του υγρού μετώπου αμέσως μετά την έναρξη της διηθήσεως. Εδώ η ζώνη μεταφοράς είναι ακόμη ασχημάτιστη και το ύψος θέσεως δεν έχει σχεδόν καμία επίδραση στην κίνηση προς τα κάτω του νερού. Αντίθετα το ύψος πίεσεως παίζει καθοριστικό ρόλο γιατί αμέσως πάνω από το μέτωπο προσπελάσεως το ύψος αυτό είναι μικρό (από -5cm έως -25cm) ενώ, αμέσως κάτω από αυτό, το ύψος πίεσεως παίρνει μεγάλες αρνητικές τιμές ανάλογα με την αρχικά περιεχόμενη στο έδαφος υγρασία. Η καμπύλη (β) δείχνει τη θέση του υγρού μετώπου μετά την παρέλευση αρκετού χρόνου από την έναρξη της διηθήσεως. Εδώ η ζώνη μεταφοράς είναι καλά σχηματισμένη.

2.5 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΔΙΗΘΗΤΙΚΟΤΗΤΑ

Η διήθηση του νερού στο έδαφος εξαρτάται από την κατάσταση της επιφάνειας και τα υδραυλικά χαρακτηριστικά του. Εδάφη με μεγάλους πόρους και ανοιχτή δομή παρουσιάζουν μεγάλη διηθητικότητα. Το αντίθετο συμβαίνει με τα συνθετικά εδάφη που, αν και έχουν μεγάλο πορώδες, το μέγεθος των πόρων τους είναι μικρό και η δομή τους σφιχτή. Άλλα εδάφη διαστέλλονται όταν διαβρέχονται με αποτέλεσμα να κλείνουν οι πόροι τους και να γίνονται αδιαπέραστα στο νερό. Τα ίδια εδάφη, κατά κανόνα, όταν ξεραίνονται σχηματίζουν ρωγμές από τις οποίες το νερό μπορεί να διεισδύσει ταχύτατα με αποτέλεσμα να έχουν πολύ μεγάλη αρχική διηθητικότητα. Παράγοντες που επηρεάζουν τη διηθητικότητα στα χωράφια είναι:

1. Η στεγανοποίηση της επιφάνειας του εδάφους. Μερικές φορές στη επιφάνεια του χωραφιού σχηματίζεται μια λεπτή συμπαγής κρούστα που περιορίζει δραστικά τη διήθηση. Η κρούστα αυτή είναι αποτέλεσμα της καταστροφής της δομής του επιφανειακού εδάφους, (1) από την πρόσκρουση των σταγόνων της βροχής ή του καταιονισμού, (2) από μεταφορά λεπτόκοκκου υλικού με το νερό που εφαρμόζεται στο χωράφι με επιφανειακή άρδευση.
2. Η δημιουργία υπεδάφιας αδιαπέρατης στρώσης. Όταν το έδαφος είναι σχετικά συνεκτικό και υγρό, τα εδαφοκαλιεργητικά μηχανήματα το συμπιέζουν, αμέσως κάτω από το βάθος στο οποίο φτάνουν (10-15cm), με αποτέλεσμα αν δημιουργείται στη θέση αυτή μια συμπαγής στρώση που δρα ανασχετικά στην προς τα κάτω κίνηση του νερού.

Η στρώση αυτή μπορεί να καταστραφεί με βαθιά άροση ή χρήση υπεδαφοκαλλιεργητών. Με τον τρόπο αυτό στη θέση της συμπαγούς στρώσεως δημιουργούνται ευρείς πόροι που επιτρέπουν την άνετη κίνηση του νερού.

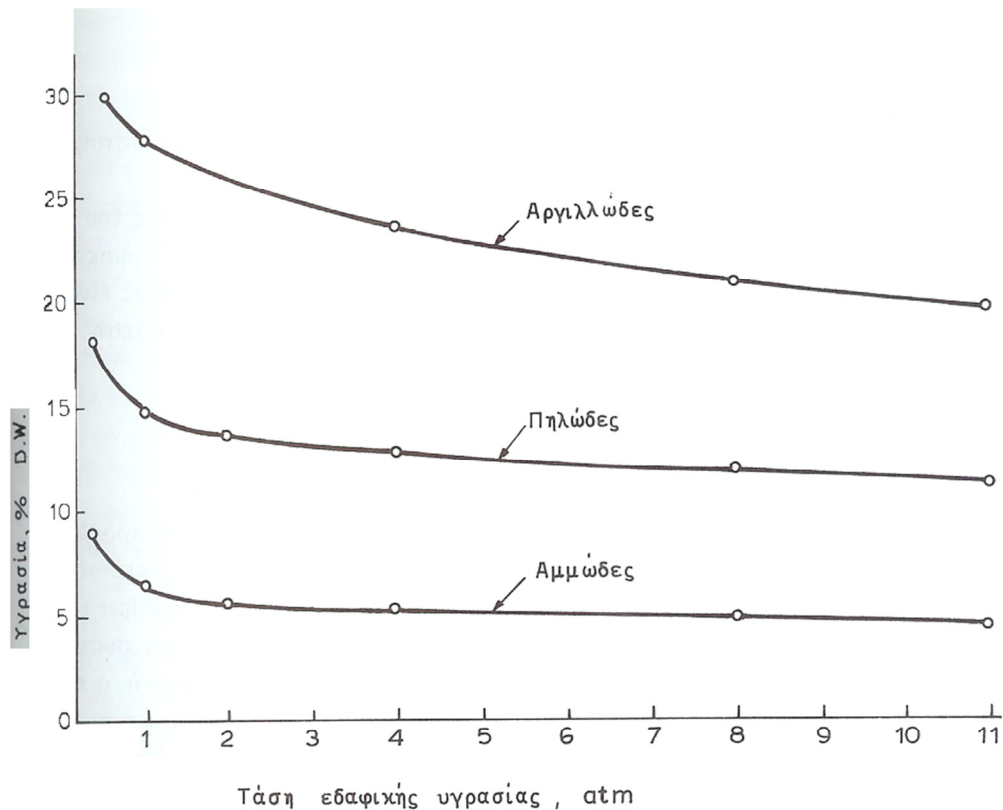
3. Η προσθήκη οργανικών υλικών. Αν εάν έδαφος περιέχει οργανικά υλικά, το πορώδες του παραμένει σχετικά υψηλό και έχει καλή διήθηση που εξαρτάται από το βαθμό αποσυνθέσεως των υλικών αυτών. Εμπλουτισμός του εδάφους σε οργανικά υλικά μπορεί να γίνει με εναλλαγή καλλιεργειών.
4. Η εδαφοκαλλιεργητικές εργασίες. Πέρα από το σχηματισμό της συμπαγούς υπεδάφιας στρώσεως που μερικές από τις εργασίες αυτές δημιουργούν στο έδαφος και τη καταστροφή της επιφανειακής κρούστας, η διηθητικότητα του εδάφους στη ζώνη που φτάνουν τα διάφορα μηχανήματα μπορεί να βελτιωθεί κάνοντας το έδαφος περισσότερο χαλαρό, ή να χειροτερέψει με τη διακοπή της συνέχειας των φυσικών αγωγών της επιφανειακής στρώσεως προς το υποκείμενο έδαφος.
5. Τα φερτά υλικά του αρδευτικού νερού. Το αρδευτικό νερό κατά κανόνα μεταφέρει άργιλο και λεπτή ιλύ που τις αποθέτει στο χωράφι. Αν αυτό είναι ωφέλιμο ή όχι εξαρτάται από την ποσότητα των φερτών υλικών, τη χρονική διάρκεια των αποθέσεων και την υφή και δομή του εδάφους στο οποίο αποθέτονται.
6. Η διάβρωση του εδάφους. Η διάβρωση του εδάφους μπορεί να οφείλεται σε φυσικά αίτια ή σε μη σωστή εφαρμογή του νερού με επιφανειακές μεθόδους άρδευσης.
7. Η ισοπέδωση του εδάφους. Η επίδραση της ισοπεδώσεως στη αισθητικότητα του χωραφιού είναι ανάλογη με αυτή της διαβρώσεως.
8. Η περιεκτικότητα του αρδευτικού νερού σε άλατα. Τα άλατα που περιέχει το αρδευτικό νερό συγκεντρώνεται σταδιακά στο έδαφος και με τη πάροδο του χρόνου μπορεί να μεταβάλλον τα χαρακτηριστικά του σε σχέση με τη διηθητικότητα. Στα υγρά κλίματα τα άλατα αποπλένονται με το νερό της βροχής και η σοβαρότητα του προβλήματος περιορίζεται σημαντικά. Αντιμετώπιση του προβλήματος στα ξερά κλίματα επιτυγχάνεται με εφαρμογή κατά διαστήματα υπεράρδρευσης. Νερό που μεταφέρει άλατα ασβεστίου και μαγνησίου μπορεί να έχει ευνοϊκή επίδραση στο έδαφος, σε αντίθεση με το νερό που περιέχει σημαντική συγκέντρωση σε χλωριούχο, θειικό, όξινο ανθρακικό νάτριο που έχει καταστρεπτικά αποτελέσματα στη δομή του εδάφους.
9. Η θερμοκρασία του νερού. Η θερμοκρασία έχει σημαντική επίδραση στη διηθητικότητα γιατί επηρεάζει δραστικά το ιξώδες του νερού. Νερό

με χαμηλή θερμοκρασία έχει μεγαλύτερο ιξώδες και μικρότερη διηθητικότητα από ότι νερό με υψηλή θερμοκρασία.

2.6 ΕΔΑΦΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ

Οι εδαφικοί πόροι σχηματίζουν ένα πολύπλοκο δίκτυο από διασυνδεδεμένους αγωγούς κάθε σχήματος, διαμέτρου και μεγέθους. Όταν σε ένα ξερό έδαφος προστεθεί νερό, αυτό αρχικά σχηματίζει λεπτές στρώσεις σε επαφή με τα τοιχώματα των πόρων και μετατοπίζει τον αέρα από τους πόρους. Αν όλοι οι πόροι του εδάφους γεμίσουν με νερό το έδαφος έφτασε στον κορεσμό. Ο κορεσμός αντιπροσωπεύει τη μέγιστη ποσότητα νερού που μπορεί να αποθηκευτεί σε ένα έδαφος. Αν ένα κορεσμένο με νερό έδαφος αφηθεί να στραγγίσει, μια ποσότητα νερού που βρίσκεται στους μεγάλους πόρους κινείται υπό την επίδραση της βαρύτητας προς τα κάτω. Το νερό αυτό λέγεται νερό της βαρύτητας ή ελεύθερο νερό, μετά δε την απομάκρυνση του τη θέση του ξαναπαίρνει ο αέρας. Το νερό που παραμένει στο έδαφος μετά την απομάκρυνση του ελεύθερου λέγεται τριχοειδές νερό. Αυτό κινείται προς κάθε κατεύθυνση ανάλογα με τις υφιστάμενες υδραυλικές κλίσεις αλλά με μικρότερη ταχύτητα από ότι το ελεύθερο νερό.

Οι δυνάμεις που συγκρατούν το νερό στο έδαφος εκφράζονται γενικά με τους ισοδύναμους όρους, αρνητική πίεση ή τάση ή μύζηση. Οι δυνάμεις συνάφειας αντιπροσωπεύουν κατά κάποιο τρόπο την έλξη που ασκούν τα εδαφομόρια με την επιφάνεια τους πάνω στο νερό. Οι δυνάμεις συνοχής αντιπροσωπεύουν την έλξη που ασκούν τα μόρια του νερού το ένα στο άλλο. Καθώς το πάχος των στρώσεων μεγαλώνει, τα μόρια του νερού συγκρατούνται λιγότερο και μπορούν να μετακινηθούν υπό την επίδραση της βαρύτητας που ασκούν άλλες γειτονικές με μικρότερο πάχος στρώσεις. Έτσι πολύ μικρό έργο χρειάζεται να καταβληθεί για την απομάκρυνση του νερού από ένα έδαφος που η υγρασία του βρίσκεται κοντά στο κορεσμό. Η αρνητική πίεση ή τάση της εδαφικής υγρασίας είναι το μέτρο που δείχνει πόσο ισχυρά συγκρατείται το νερό στο έδαφος. Για να γίνει δυνατή η εκτίμηση της ποσότητας του νερού που μπορεί να συγκρατήσει ένα έδαφος κάτω από διάφορες τάσεις, πρέπει να κατασκευαστούν οι καμπύλες υγρασίας-τάσεως.



ΣΧΗΜΑ 2.6.1.

Χαρακτηριστικές καμπύλες εδαφικής υγρασίας των τριών βασικών εδαφικών τύπων υφής.

Η ύπαρξη αλάτων στο εδαφικό νερό έχει σαν συνέπεια την αύξηση της δυνάμεως που πρέπει να ασκηθεί για την απομάκρυνση του. Αυτό οφείλεται στην όσμωση. Αν δυο διαλύματα με διαφορετική συγκέντρωση αλάτων χωριστούν με μια μεμβράνη διαπερατή στο νερό αλλά αδιαπέραστη στα άλατα που περιέχει, το νερό θα κινηθεί από το διάλυμα με την μικρότερη προς το διάλυμα, με την μεγαλύτερη συγκέντρωση. Η δύναμη που προκαλεί την κίνηση του νερού μέσα από την μεμβράνη λέγεται οσμωτική πίεση. Αν το εδαφικό νερό περιέχει σημαντική ποσότητα αλάτων, η δύναμη που πρέπει να ασκηθεί για την απομάκρυνση του από το έδαφος πρέπει να είναι ίση με το άθροισμα της τάσεως και της οσμωτικής πίεσεως.

Ο κλασικός τρόπος άμεσου υπολογισμού της εδαφικής υγρασίας γίνεται σε δείγματα εδάφους στο εργαστήριο. Ένα δείγμα εδάφους με την περιεχόμενη υγρασία ζυγίζεται και τοποθετείται σε κλίβανο σε θερμοκρασία 105°C. Μετά την ξήρανση του στον κλίβανο το δείγμα ζυγίζεται ξανά.

Η διαφορά βάρους των δυο ζυγίσεων αντιπροσωπεύει την εδαφική υγρασία, που υπολογίζεται σαν ποσοστό ξερού βάρους με την σχέση:

$$SM(\%D.W.) = 100 \frac{W_w - W_d}{W_d} \quad (2.6.1)$$

Όπου SM είναι η εδαφική υγρασία W_w και W_d είναι αντίστοιχα το βάρος του υγρού και του ξερού εδαφικού δείγματος.

2.7 ΥΔΑΤΟΪΚΑΝΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Στη πρακτική των αρδεύσεων είναι ουσιώδες να γνωρίζουμε το ποσό του νερού που υπάρχει στο έδαφος, και μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τις καλλιέργειες για την κανονική ανάπτυξη και απόδοση τους. Το έδαφος είναι σαν μια δεξαμενή που χωράει μια ορισμένη ποσότητα χρήσιμης υγρασίας. Η υδατοϊκανότητα μπορεί να οριστεί ως η υγρασία που συγκρατεί ένα βαθύ, ομοιόμορφο και καλά στραγγισμένο έδαφος μετά την απομάκρυνση του ελεύθερου νερού. Η υγρασία του εδάφους φτάνει στην υδατοϊκανότητα τρεις με πέντε μέρες μετά από βροχή ή άρδευση ανάλογα με την υφή και την δομή του εδάφους. Στη φύση, τα βαθιά και ομοιόμορφα εδάφη δεν αποτελούν τον κανόνα αλλά μάλλον την εξαίρεση. Πέρα από το γεγονός ότι τα περισσότερα εδάφη είναι διαστρωμένα, δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις όπου, σε πεδινές περιοχές, η στάθμη του υπόγειου νερού είναι αρκετά υψηλή, με συνέπεια κακή στράγγιση. Υπάρχουν λοιπόν πολλές περιπτώσεις εκτίμησης της υδατοϊκανότητας του εδάφους που μπορούν να οδηγήσουν σε εσφαλμένες εκτιμήσεις προσδιορισμού της υγρασίας του χωραφιού 3-5 μέρες μετά την επιφανειακή εφαρμογή του νερού. Αντικειμενικός προσδιορισμός μπορεί να γίνει μόνο με μέτρηση της στάσεως της εδαφικής υγρασίας που αντιστοιχεί στην υδατοϊκανότητα, της τάσεως, δηλαδή εκείνης στην οποία αντίστοιχη τιμή τριχοειδούς αγωγιμότητας τόσο μικρή που πρακτικά να θεωρείται μηδενική. Η τάση είναι φυσικό να διαφέρει ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του εδάφους. Τα συμπεράσματα τους δίνονται στο SCS National Engineering Handbook, όπως αναφέρει ο Παπαζαφειρίου (1998) και δείχνουν τις ακόλουθες αντιστοιχίες μεταξύ ικανότητας και τάσεως:

<i>Τύπος εδάφους</i>	<i>Τάση στην υδατοϊκανότητα, cm</i>
αμμώδες (χονδρόκοκκο)	60
αμμοπηλώδες	100
ίλυοπηλώδες	300
αργιλλώδες	600

2.8 ΣΗΜΕΙΟ ΜΟΝΙΜΗΣ ΜΑΡΑΝΣΕΩΣ

Ενώ η υδατοϊκανότητα αποτελεί το πάνω όριο της χρήσιμης για τα φυτά υγρασίας, το αντίστοιχο κάτω όριό της είναι το σημείο μόνιμης μαράνσεως. Όταν η εδαφική υγρασία φτάσει στο σημείο αυτό τα φυτά δεν μπορούν να πάρουν από το έδαφος όλο το νερό που χρειάζονται για την κάλυψη των αναγκών τους και για το λόγο αυτό αρχίζουν να μαραίνονται. Το σημείο μόνιμης μαράνσεως δεν είναι σταθερό αλλά εξαρτάται από την υφή και την δομή του εδάφους, το είδος και την κατάσταση που βρίσκονται τα φυτά, τη συγκέντρωση αλάτων στο έδαφος και της κλιματικές συνθήκες της περιοχής. Για τους λόγους αυτούς, η τάση της εδαφικής υγρασίας που αντιστοιχεί στο σημείο αυτό κυμαίνεται από 7 atm μέχρι 32 atm. Η διαφορά αυτή σε τάση δεν σημαίνει ανάλογη διαφορά και σε περιεχόμενη υγρασία. Είναι παρατηρημένο ότι στα χαμηλά αυτά επίπεδα, μεγάλες μεταβολές της τάσεως συνεπάγονται ελάχιστες μεταβολές της υγρασίας. Σήμερα, σαν αντιπροσωπευτική του σημείου μόνιμης μαράνσεως όλων των εδαφών, έχει γίνει δεκτή η τάση των 15atm.

Όταν η υγρασία του εδάφους φτάσει στο σημείο μόνιμης μαράνσεως η ανάπτυξη των φυτών σταματά. Τα φυτά εξακολουθούν να παίρνουν σε μικρές ποσότητες νερό από το έδαφος και κάτω από το σημείο αυτό, αυτές όμως είναι μόλις αρκετές να τα κρατούν στη ζωή. Αν η υγρασία ελαττωθεί ακόμη περισσότερο θα προκληθεί μάρανση και θάνατος των φυτών. Το όριο αυτό της εδαφικής υγρασίας στο οποίο τα φυτά νεκρώνονται λέγεται έσχατο σημείο μαράνσεως. Η τάση που αντιστοιχεί στο σημείο αυτό μπορεί να φτάσει τις 60atm.

2.9 ΔΙΑΘΕΣΙΜΗ ΚΑΙ ΩΦΕΛΙΜΗ ΥΓΡΑΣΙΑ

Το νερό που μπορεί να κρατήσει ένα έδαφος ανάμεσα στο σημείο μόνιμης μαράνσεως και την ιδατοϊκανότητα επικράτησε να λέγεται διαθέσιμη υγρασία. Γενικά η εδαφική υγρασία εκφρασμένη στο επί τοις εκατό ξερού βάρους μπορεί να βρεθεί με τη σχέση:

$$SM (\% D.W .) = 100 \frac{W_w}{W_s} \quad (2.9.1)$$

Όπου $SM(\%D.W.)$ είναι η εδαφική υγρασία % ξερού βάρους. W_w είναι το βάρος του νερού που περιέχει το έδαφος και W_s είναι το βάρος του ξερού εδάφους.

Η ίδια υγρασία εκφρασμένη σαν ποσοστό στο επί τοις εκατό όγκου βρίσκεται με την σχέση:

$$SM (\% V) = 100 \frac{V_w}{V_s} \quad (2.9.2)$$

Όπου $SM(\%V)$ είναι η υγρασία % όγκου. V_w είναι ο όγκος του εδαφικού νερού και V_s είναι ο όγκος του εδάφους μαζί με τους πόρους του.

Τέλος ο όγκος ενός οποιουδήποτε σώματος μπορεί να εκφραστεί από τη σχέση:

$$V = \frac{W}{D} \quad (2.9.3)$$

Όπου W είναι το βάρος του σώματος και D είναι η πυκνότητα του.

Αν συνδυάσουμε τις σχέσεις (2.9.2) και (2.9.3) βρίσκουμε ότι:

$$SM (\% V) = 100 \frac{V_w}{V_s} = 100 \left[\frac{W_w}{D_w} / \frac{W_s}{D_w} \right] = 100 \left[\frac{W_w}{W_s} \frac{D_s}{D_w} \right] \quad (2.9.4)$$

Όπου D_s είναι η πυκνότητα του εδάφους με τους πόρους του, D_w είναι η πυκνότητα του νερού και οι άλλοι όροι είναι όπως έχουν ήδη οριστεί.

Στην άρδευση δεν μας ενδιαφέρει οποιαδήποτε εδαφική υγρασία και βάθος εδάφους, αλλά συγκεκριμένα η υγρασία ανάμεσα στην ιδατοϊκανότητα και το σημείο μόνιμης μαράνσεως και το βάθος του λιθοστρώματος. Έχουμε :

$$ASM = \frac{FC - PWP}{100} * ASW * RD \quad (2.9.5)$$

Όπου ASM είναι η διαθέσιμη υγρασία σε mm πάχους υδάτινου στρώματος. FC και PWP είναι αντίστοιχα η ιδατοϊκανότητα και το σημείο μόνιμης μάρανσης εκφρασμένα % ξερού βάρους. ASW είναι το φαινόμενο ειδικό βάρος που παίρνεται αδιάστατο και RD είναι το βάθος του ριζοστρώματος σε mm.

2.10 ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗ

Αντικειμενικός σκοπός της αρδεύσεως είναι ο εφοδιασμός των καλλιεργειών με το απαραίτητο νερό για κανονική ανάπτυξη και μεγιστοποίηση της αποδόσεως τους σε συνδυασμό με υψηλή ποιότητα προϊόντων. Ένα σε ανάπτυξη φυτό παίρνει με τις ρίζες του νερό μαζί με τα διαλυμένα σε αυτό θρεπτικά στοιχεία που, μετά από μια διαδρομή μέσα από τους φυτικούς ιστούς, καταλήγει στα φύλλα. Από κει όταν τα στόματα των φύλλων είναι ανοικτά, το νερό κινείται παραπέρα με την μορφή υδρατμών προς την περιβάλλουσα του φυλλώματος ατμόσφαιρα. Νερό επίσης χάνεται από το χωράφι με την διαδικασία της εξατμίσεως από την επιφάνεια του εδάφους, όταν αυτή είναι υγρή. Τέλος μετά από την βροχή ή άρδευση με καταιονισμό, το νερό που συγκρατείται από τα υπέργεια μέρη του φυτού εξατμίζεται και προς την ατμόσφαιρα. Το νερό που απομακρύνεται από το χωράφι με όλες αυτές τις

διαδικασίες λέγεται εξατμισοδιαπνοή. Η εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής είναι από τα βασικά στοιχεία που, μαζί με την ωφέλιμη υγρασία, αποτελεί τον ακρογωνιαίο λίθο για τον σωστό προγραμματισμό των αρδεύσεων. Το τελικό μέγεθος και ο ρυθμός της εξατμισοδιαπνοής εξαρτάται από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των φυτών και τις συνθήκες που επικρατούν στην ατμόσφαιρα που περιβάλλει το φύλλωμα τους.

Τα φυτικά είδη διαφέρουν μεταξύ τους σε ότι αφορά την εποχή που αναπτύσσονται, το βάθος και την πυκνότητα του ριζικού συστήματος, την πυκνότητα και έκταση του φυλλώματος, το ύψος και όταν αυτά καλλιεργούνται ομαδικά, τον τρόπο σποράς και τις μεταξύ τους αποστάσεις. Οι διαφορές αυτές σε συνδυασμό με τις συνθήκες περιβάλλοντος, μπορεί να διαφοροποιήσουν το μέγεθος και την κατανομή της εξατμισοδιαπνοής από είδος σε είδος. Όπως αναφέρει ο Παπαζαφειρίου (1998), διατυπώθηκε από τον Penman το 1956, ότι οι καλλιέργειες που διαφοροποιούν το φύλλωμα τους σε χαμηλά επίπεδα, που καλύπτουν πρακτικά όλη την επιφάνια του εδάφους, έχουν την ίδια εξατμισοδιαπνοή ανεξάρτητα από το φυτικό είδος που ανήκουν και τα χαρακτηριστικά του εδάφους στο οποίο καλλιεργούνται.

Η ανελαστικότητα του φυλλώματος, αλλά και του εδάφους, καθορίζει το ύψος της ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφάται από τις επιφάνειες που τη δέχονται και επηρεάζει κατά ανάλογο τρόπο το ύψος της εξατμισοδιαπνοής. Η ανελαστικότητα επηρεάζεται από το χρώμα και την ταχύτητα της επιφάνειας που δέχεται την ακτινοβολία.

Το βάθος και η πυκνότητα του ριζικού συστήματος επηρεάζουν την εξατμισοδιαπνοή κατά τρόπο έμμεσο, σε σχέση με το επίπεδο της εδαφικής υγρασίας και τα χαρακτηριστικά του εδάφους.

Στα υγρά εδάφη με ανοιχτή δομή όπου τα φυτά έχουν άφθονη υγρασία στην διάθεση τους, φυτά με αβαθές και αραιό ριζικό σύστημα μπορούν να αντλούν, το ίδιο εύκολα, τις απαραίτητες ποσότητες νερού για την ικανοποίηση της μέγιστης εξατμισοδιαπνοής τους όπως και τα φυτά με βαθιές και πυκνές ρίζες. Σε ξηρά και ημίξηρα κλίματα και συνεκτικά εδάφη, φυτά με βαθύ και πυκνό ριζικό σύστημα εκμεταλλεύονται εύκολα όλη την εδαφική υγρασία σε αντίθεση με τα φυτά που έχουν επιπόλαιο και αραιό ριζικό σύστημα, με συνέπεια τα πρώτα να παρουσιάζουν μεγαλύτερη εξατμισοδιαπνοή από τα δεύτερα. Ο ρυθμός της εξατμισοδιαπνοής δεν είναι σταθερός κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου. Η εξατμισοδιαπνοή αυξάνει με γρήγορο ρυθμό από το φύτρωμα μέχρι την πλήρη ανάπτυξη της καλλιέργειας, διατηρείται σταθερή για

ένα χρονικό διάστημα και μετά ελαττώνεται. Η ταχεία αύξηση κατά την περίοδο αναπτύξεως οφείλεται κατά κύριο λόγο στη μεταβολή του ποσοστού φυτοκαλύψεως του εδάφους που ξεκινάει από 0 και φτάνει στο 100%. Η ελάττωση στα τελευταία στάδια της βλαστικής περιόδου οφείλεται σε φυσιολογικές διαφοροποιήσεις των φυτών. Το φαινόμενο της εξατμισοδιαπνοής επηρεάζεται ουσιαστικά από δυο κύριους κλιματικούς παράγοντες. Ο πρώτος είναι η διαθέσιμη διαθεσιμότητα ενεργείας (ηλιακής), γιατί χωρίς αυτή δε μπορεί να γίνει εξάτμιση. Ο δεύτερος είναι η αεροδυναμική κατάσταση της ατμόσφαιρας που ρυθμίζει τη ταχύτητα με την όποια απομακρύνονται οι ατμοί από τη περιοχή του φυλλώματος και προσδιορίζει το ρυθμό της εξατμισοδιαπνοής.

2.10.1 ΔΥΝΗΤΙΚΗ ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗ

Κατά καιρούς έχουν διατυπωθεί διάφορες ημιθεωρητικές μέθοδοι που υπολογίζουν με έμμεσο τρόπο την εξατμισοδιαπνοή σε μερικές χρονικές περιόδους. Οι μέθοδοι αυτές επικράτησε να αναφέρονται σαν μικροκλιματικές και βασίζονται στο ισοζύγιο ενέργειας και τις σχέσεις που περιγράφουν τους μηχανισμούς που απομακρύνουν τους υδρατμούς από την περιοχή του φυλλώματος και των καλλιεργειών. Για να είναι συγκρίσιμα τα αποτελέσματα από την εφαρμογή των μεθόδων αυτών, η καλλιέργεια πρέπει να καλύπτει όλη την επιφάνεια του εδάφους και να έχει στη διάθεση της όσο νερό χρειάζεται για την ικανοποίηση των αναγκών της. Για το σκοπό αυτό δημιουργήθηκε ο όρος της δυναμικής εξατμισοδιαπνοής.

Συγκεκριμένα, δυναμική εξατμισοδιαπνοή (PET) είναι η ποσότητα του νερού που καταναλίσκεται από μια καλλιέργεια με μικρό και ομοιόμορφο ύψος, δυναμική ανάπτυξη, φύλλωμα που καλύπτει όλη την επιφάνεια του εδάφους και έχει πάντοτε στη διάθεση της όσο νερό της χρειάζεται. Κάτω από τις συνθήκες αυτές, η εξατμισοδιαπνοή εξαρτάται μόνο από τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στη περιοχή του υπέργειου τμήματος των φυτών. Οι μικροκλιματικές μέθοδοι υπολογίζουν την δυναμική εξατμισοδιαπνοή διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες, ανάλογα με τις κλιματικές παραμέτρους που χρησιμοποιούν. Οι αεροδυναμικές μέθοδοι δίνουν κατά κύριο λόγο έμφαση στον μηχανισμό μεταφοράς των υδρατμών από την περιοχή του φυλλώματος των καλλιεργειών, οι μέθοδοι του ισοζυγίου ενέργειας έχουν σαν βάση την εκτίμηση της λανθάνουσας θερμότητας με την εξίσωση του ισοζυγίου ενέργειας και οι μεικτές μέθοδοι αποτελούν συνδυασμό των δυο προηγούμενων (Tegos et al., 2015; 2017).

2.10.2 ΜΕΘΟΔΟΣ THORNTHWAITE

Ο Παπαζαφειρίου (1998) ανέφερε ότι ο Thornthwaite χρησιμοποιώντας παρατηρήσεις κλιματικών παραμέτρων της περιοχής των ανατολικών ΗΠΑ, βρήκε ότι κάτω από συνθήκες πλήρους διαθεσιμότητας νερού υπάρχει μια σαφής σχέση ανάμεσα στη δυναμική εξατμισοδιαπνοή, τη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας, τη γεωγραφική σχέση και την εποχή. Η εμπειρική σχέση που διατύπωσε έχει τη μορφή:

$$PET = 16 Ld \left[\frac{10T}{I} \right]^a \quad (2.10.2)(1)$$

Όπου PET είναι η δυναμική εξατμισοδιαπνοή σε mm ανά μήνα, Ld είναι ο λόγος της μέσης διάρκειας ημέρας κάθε μήνα προς ημέρα διάρκειας 12 ορών, T είναι η μέση μηνιαία θερμοκρασία του αέρα, σε °C και I είναι ένας ετήσιος δείκτης θερμότητας που υπολογίζεται με τη σχέση :

$$I = \sum_{j=1}^{12} i_j = \sum_{j=1}^{12} \left[\frac{T_j}{5} \right]^{1.514}$$

(2.10.2)(2)

Όπου T_j είναι η μέση θερμοκρασία του αέρα κάθε μήνα και i_j είναι οι αντίστοιχοι μηνιαίοι δείκτες θερμότητας. Ο εκθέτης a υπολογίζεται με τη σχέση: $a = 0.00000675(I)^3 - 0.0000771(I)^2 + 0.01792(I) + 0.49239$ (2.10.2)(3)

ΠΙΝΑΚΑΣ(2.10.2)1

Λόγος της μέσης διάρκειας ημέρας κάθε μήνα προς ημέρα διάρκειας 12 ωρών (L_d)

Βόρειο πλάτος	Μ ή ν α ς											
	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ
34	0.88	0.85	1.03	1.09	1.20	1.20	1.22	1.16	1.03	0.97	0.87	0.86
35	0.87	0.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16	1.03	0.97	0.86	0.85
36	0.87	0.85	1.03	1.10	1.21	1.22	1.24	1.16	1.03	0.97	0.86	0.84
37	0.86	0.84	1.03	1.10	1.22	1.23	1.25	1.17	1.03	0.97	0.85	0.83
38	0.85	0.84	1.03	1.10	1.23	1.24	1.25	1.17	1.04	0.96	0.84	0.83
39	0.85	0.84	1.03	1.11	1.23	1.24	1.26	1.18	1.04	0.96	0.84	0.82
40	0.84	0.83	1.03	1.11	1.24	1.25	1.27	1.18	1.04	0.96	0.83	0.81
41	0.83	0.83	1.03	1.11	1.25	1.26	1.27	1.19	1.04	0.96	0.82	0.80
42	0.82	0.83	1.03	1.12	1.26	1.27	1.28	1.19	1.04	0.95	0.82	0.79
43	0.81	0.82	1.02	1.12	1.26	1.28	1.29	1.20	1.04	0.95	0.81	0.77

Τιμές του παράγοντα L_d δίνονται στο πίνακα (2.10.2)(1) σε συνάρτηση με το γεωγραφικό πλάτος και το μήνα του έτους.

Στον πίνακα (2.10.2)(2) δίνονται τιμές του μηνιαίου δείκτη θερμότητας i σε συνάρτηση με τη μέση μηνιαία θερμοκρασία του αέρα. Κατά τη τυπική διαδικασία εφαρμογής της μεθόδου, πρώτα υπολογίζεται ο ετήσιος δείκτης θερμότητας I με τη σχέση (2.10.2)(2) και τη βοήθεια του πίνακα (2.10.2)(2) ακολουθεί ο υπολογισμός του εκθέτη a με τη σχέση (2.10.2)(3), βρίσκεται η τιμή του παράγοντα L_d από τον πίνακα (2.10.2)(1) και υπολογίζεται η μηνιαία εξατμισοδιαπνοή με τη σχέση (2.10.2)(1).

ΠΙΝΑΚΑΣ (2.10.2)2
Μηνιαίοι δείκτες θερμότητας (i)

Θερμο- κρασία. °C	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8
0	—	0.01	0.02	0.04	0.06
1	0.09	0.12	0.15	0.18	0.21
2	0.25	0.29	0.33	0.37	0.42
3	0.46	0.51	0.56	0.61	0.66
4	0.71	0.77	0.82	0.88	0.94
5	1.00	1.06	1.12	1.19	1.25
6	1.32	1.39	1.45	1.52	1.59
7	1.66	1.74	1.81	1.89	1.96
8	2.04	2.12	2.19	2.27	2.35
9	2.44	2.52	2.60	2.69	2.77
10	2.86	2.94	3.03	3.12	3.21
11	3.30	3.39	3.48	3.58	3.67
12	3.76	3.86	3.96	4.05	4.15
13	4.25	4.35	4.45	4.55	4.65
14	4.75	4.86	4.96	5.07	5.17
15	5.28	5.38	5.49	5.60	5.71
16	5.82	5.93	6.04	6.15	6.26
17	6.38	6.49	6.61	6.72	6.84
18	6.95	7.07	7.19	7.31	7.43
19	7.55	7.67	7.79	7.91	8.03
20	8.16	8.28	8.41	8.53	8.66
21	8.78	8.91	9.04	9.17	9.29
22	9.42	9.55	9.68	9.82	9.95
23	10.08	10.21	10.35	10.48	10.62
24	10.75	10.89	11.02	11.16	11.30
25	11.44	11.57	11.71	11.85	11.99
26	12.13	12.28	12.42	12.56	12.70
27	12.85	12.99	13.14	13.28	13.43
28	13.58	13.72	13.87	14.02	14.14
29	14.32	14.47	14.62	14.77	14.92
30	15.07	15.22	15.38	15.53	15.68
31	15.84	15.99	16.15	16.30	16.46
32	16.62	16.78	16.93	17.09	17.25
33	17.41	17.57	17.73	17.89	18.05
34	18.22	18.38	18.54	18.70	18.87
35	19.03	19.20	19.36	19.53	19.69

2.10.3 ΜΕΘΟΔΟΣ BLANEY – CRIDDLE

Ο Παπαζαφειρίου (1998) αναφέρει πως οι Blaney και Criddle χρησιμοποίησαν παρατηρήσεις από τις δυτικές Η.Π.Α και διατύπωσαν μια εμπειρική σχέση που δίνει την εποχιακή εξατμισοδιαπνοή, από το φύτρωμα μέχρι την συγκομιδή των καλλιεργειών, σαν συνάρτηση των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών του αέρα (T) κατά την περίοδο αυτή, ενός παράγοντα (P) που εκφράζει την διάρκεια της ημέρας κάθε μήνα σαν ποσοστό της αντίστοιχης ετήσιας διάρκειας ενός φυτικού συντελεστή (K) που είναι χαρακτηριστικός κάθε καλλιέργειας. Γενικά, μπορεί να λεχθεί ότι η μηνιαία θερμοκρασία του αέρα δεν είναι ασφαλής δείκτης για την εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής (ET). Η εξατμισοδιαπνοή διαμορφώνεται ανάλογα με την λανθάνουσα θερμότητα που με την σειρά της εξαρτάται κατά κύριο λόγο από την καθαρή ακτινοβολία και την κατάσταση της ατμόσφαιρας που περιβάλλει το υπέργειο τμήμα των καλλιεργειών. Η κατανομή της καθαρής ακτινοβολίας κατά την βλαστική περίοδο δεν ταυτίζεται με την αντίστοιχη διακύμανση της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας. Για παράδειγμα στην Ελλάδα, ενώ η καθαρή ακτινοβολία στο τέλος του Μάρτιου και του Σεπτεμβρίου κυμαίνετε στα ίδια επίπεδα, γίνεται από όλους μας αισθητό ότι η θερμοκρασία στο τέλος Μαρτίου είναι σημαντικά χαμηλότερη από ότι στο τέλος Σεπτεμβρίου. Παρατηρήθηκε όμως ότι αν η ατμοσφαιρική θερμοκρασία πολλαπλασιαστεί με τον παράγοντα p, το γινόμενο αυτό ακολουθεί σχεδόν πιστά την κατανομή της καθαρής ακτινοβολίας και εξηγεί τη σχετική επιτυχία της μεθόδου. Η εμπειρική σχέση που διατύπωσαν οι Blaney και Criddle για την εκτίμηση της εποχιακής εξατμισοδιαπνοής έχει την μορφή:

$$ET=K*F \quad (2.10.3)(1)$$

Όπου ET είναι η εποχιακή εξατμισοδιαπνοή σε ίντσες, K είναι ο εποχιακός φυτικός συντελεστής και F είναι ένας κλιματικός παράγοντας που υπολογίζεται με τη σχέση :

$$F = \sum_{j=1}^n \left[\frac{T_j P_j}{100} \right] \quad (2.10.3)(2)$$

Όπου T_j είναι η μέση θερμοκρασία καθενός από τους n μήνες που διαρκεί η βλαστική περίοδος της καλλιέργειας σε °F και P_j είναι ο μηνιαίος παράγοντας που εκφράζει τη μηνιαία διάρκεια της ημέρας σαν ποσοστό της αντίστοιχης ετήσιας διάρκειας.

Η αντίστοιχη σχέση που δίνει την ET σε mm όταν η θερμοκρασία μετράται σε °C είναι:

$$ET = K * F F = \sum_{j=1}^n [0,46 T_j + 8,16] P_j \quad (2.10.3)(3)$$

Μηνιαίες τιμές του παράγοντα p σε συνάρτηση με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου δίνονται στον πίνακα (2.10.3)1. Στον πίνακα (2.10.3)2 δίνονται τιμές του εποχιακού φυτικού συντελεστή K για διάφορες καλλιέργειες.

ΠΙΝΑΚΑΣ(2.10.3)1

Ποσοστό στα εκατό των ωρών ημέρας κάθε μήνα προς τις ώρες ημέρας του έτους (p) για θόρεια πλάτη από 24° μέχρι 48°

Βόρειο πλάτος	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ
48	6.13	6.42	8.22	9.15	10.50	10.72	10.83	9.92	8.45	7.56	6.24	5.86
46	6.30	6.50	8.24	9.09	10.37	10.54	10.66	9.82	8.44	7.61	6.38	6.05
44	6.45	6.59	8.25	9.04	10.22	10.38	10.50	9.73	8.43	7.67	6.51	6.23
42	6.60	6.66	8.28	8.97	10.10	10.21	10.37	9.64	8.42	7.73	6.63	6.39
40	6.73	6.73	8.30	8.92	9.99	10.08	10.34	9.56	8.41	7.78	6.73	6.53
38	6.87	6.79	8.34	8.90	9.92	9.95	10.10	9.47	8.38	7.80	6.82	6.66
36	6.99	6.86	8.35	8.85	9.81	9.83	9.99	9.40	8.36	7.85	6.92	6.79
34	7.10	6.91	8.36	8.80	9.72	9.70	9.88	9.33	8.36	7.90	7.02	6.92
32	7.20	6.97	8.37	8.72	9.63	9.60	9.77	9.28	8.34	7.93	7.11	7.05
30	7.30	7.03	8.38	8.72	9.53	9.49	9.67	9.22	8.34	7.99	7.19	7.14
28	7.40	7.07	8.39	8.68	9.46	9.38	9.58	9.16	8.32	8.02	7.27	7.27
26	7.49	7.12	8.40	8.64	9.37	9.30	9.49	9.10	8.32	8.06	7.36	7.35
24	7.58	7.17	8.41	8.60	9.30	9.19	9.41	9.05	8.31	8.10	7.43	7.46

ΠΙΝΑΚΑΣ (2.10.3) 2
 Εποχιακοί φυτικοί συντελεστές Κ διαφόρων καλλιεργειών

Καλλιέργεια	Βλαστική περίοδος	Φυτικός συντελεστής Κ	
		κλίμα υγρό	κλίμα ξερό
(1)	(2)	(3)	(4)
Μηδική	μεταξύ παγετών	0.80	0.90
Αραβόσιτος	4-5 μήνες	0.65	0.75
Δημητριακά	2 μήνες	0.60	0.70
Ταύλα	6 μήνες	0.65	0.75
Ρύζι	3-5 μήνες	1.00	1.10
Πατάτες	3-5 μήνες	0.65	0.75
Ντομάτες	4 μήνες	0.65	0.70
Φασόλια	3 μήνες	0.60	0.70
Βαμβάκι	7 μήνες	0.60	0.70
Καπνός	4 μήνες	0.70	0.80
Φυλλοβόλα οπωρ.	μεταξύ παγετών	0.60	0.70
Εσπεριδοειδή	μεταξύ παγετών	0.45	0.55
Αμπέλια	5-7 μήνες	0.50	0.60
Λειβάδια	μεταξύ παγετών	0.70	0.80

Συνεχίζοντας την εργασία τους, οι Blaney και Criddle υποστήριξαν πως η μηνιαία εξατμισοδιαπνοή μπορεί να υπολογιστεί με μια ανάλογη σχέση, όπως :

$$E T m = k * f \quad , \quad f = [0,46T + 8,16]p \quad (2.10.3)(1)$$

Όπου ETm είναι η μηνιαία εξατμισοδιαπνοή σε mm όταν η αντίστοιχη θερμοκρασία του αέρα T είναι σε °C . Το k είναι ο μηνιαίος φυτικός συντελεστής που, κατά τους δυο ερευνητές, πρέπει να προσδιορίζεται χωριστά για κάθε περιοχή γιατί οι κλιματικές συνθήκες που καθορίζουν την αρχή και το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου και η γεωργική πρακτική διαφέρουν από τόπο σε τόπο. Μερικές ενδεικτικές τιμές μηνιαίων φυτικών συντελεστών που προσδιορίστηκαν στις Η.Π.Α δίνονται στον πίνακα (2.10.3)3.

ΠΙΝΑΚΑΣ (2.10.3)3

Τιμές του μηνιαίου φυτικού συντελεστή k για διάφορες καλλιέργειες που προσδιορίστηκαν σε διάφορα μέρη των ΗΠΑ

Καλλιέργεια	Μ ή ν α ς											
	I	Φ	M	A	M	I	I	A	Σ	O	N	Δ
<i>Μηδική:</i>												
Mesa, Αριζόνα	0.35	0.55	0.75	0.90	1.05	1.15	1.15	1.10	1.00	0.85	0.65	0.45
Los Angeles, Καλ.	0.35	0.45	0.60	0.70	0.85	0.95	1.00	1.00	0.95	0.80	0.55	0.30
Davis, Καλιφ.	—	—	—	0.70	0.80	0.90	1.10	1.00	0.80	0.70	—	—
<i>Αραβόσιτος:</i>												
Βόρεια Ντακότα	—	—	—	—	0.50	0.65	0.75	0.80	0.70	—	—	—
<i>Βαμβάκι:</i>												
Phoenix, Αριζόνα	—	—	—	0.20	0.40	0.60	0.90	1.00	0.95	0.75	—	—
Bakersfield, Καλ.	—	—	—	—	0.30	0.45	0.90	1.00	1.00	0.75	—	—
Weslaco, Τέξας	—	—	0.20	0.45	0.70	0.85	0.85	0.80	0.55	—	—	—
<i>Εσπεριδοειδή:</i>												
Los Angeles, Καλ.	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.55	0.55	0.50	0.50	0.45	0.30
<i>Πατάτες:</i>												
Davis, Καλιφ.	—	—	—	0.45	0.80	0.95	0.90	—	—	—	—	—
Logan, Γιούτα	—	—	—	—	—	0.40	0.65	0.85	0.80	—	—	—
Βόρεια Ντακότα	—	—	—	—	0.45	0.75	0.90	0.80	0.40	—	—	—
<i>Σόργο:</i>												
Τέξας	—	—	—	—	—	0.30	0.75	1.10	0.85	0.50	—	—

2.10.4 ΜΕΘΟΔΟΣ JENSEN – HAISE

Ο Παπαζαφειρίου το 1998 αναφέρει πως οι Jensen και Haise, αναγνωρίζοντας την άμεση σχέση της ET με την ηλιακή ακτινοβολία, έβαλαν πλήθος συσχετίσεων και τελικά κατέληξαν στη σχέση :

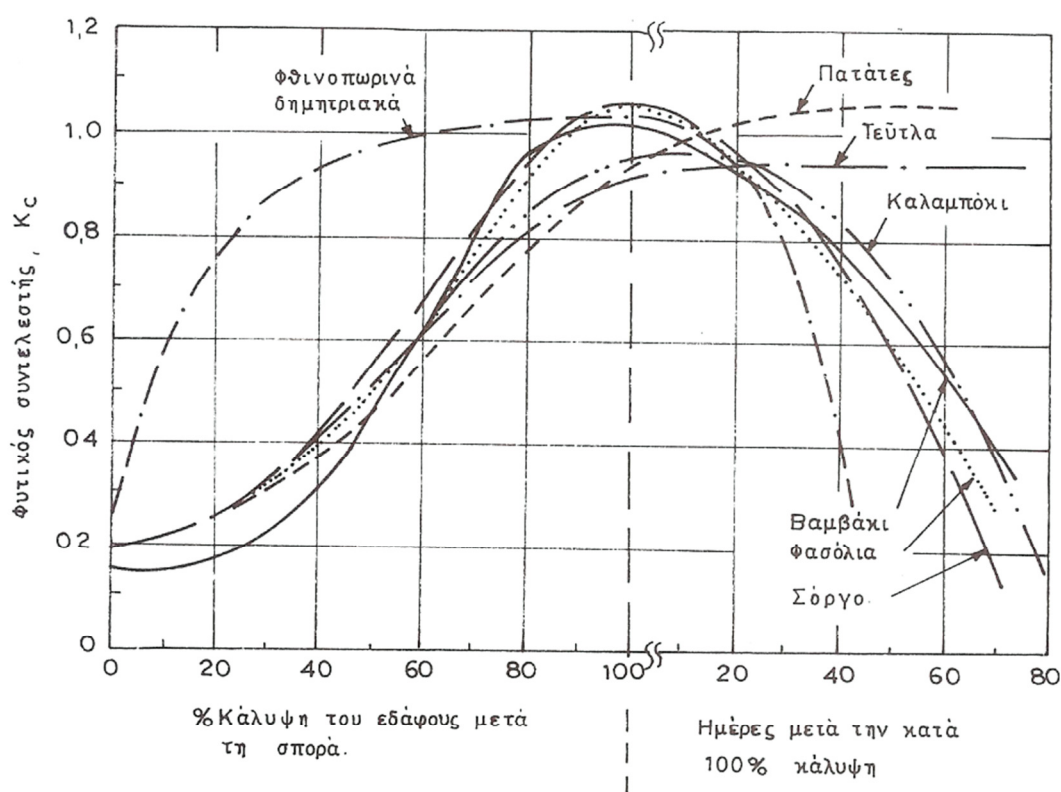
$$PET = [0,014T - 0.37]Rs \quad (2.10.4)(1)$$

Όπου PET είναι η δυναμική εξατμισοδιαπνοή σε ίντσες / μέρα, Τα είναι η μέση ημερήσια θερμοκρασία του αέρα σε °F και Rs είναι η προσπίπτουσα στο έδαφος ολική ηλιακή ακτινοβολία εκφρασμένη σε ισοδύναμο πάχος εξατμιζόμενου νερού σε ίντσες / ημέρα. Αν το Τα είναι σε °C και το Rs είναι σε mm / ημέρα, η PET εκφρασμένη σε mm / ημέρα δίνεται από τη σχέση :

$$PET = [0.0250T = 0.078]Rs \quad (2.10.4)(2)$$

Στη συνέχεια ο Jensen προχώρησε σε ένα βήμα παραπάνω και υπολόγισε την πραγματική εξατμισοδιαπνοή με την εισαγωγή ενός συντελεστή K_c που διαμορφώνεται ανάλογα με την καλλιέργεια και το στάδιο ανάπτυξης. Η διακύμανση των τιμών του K_c για τις κυριότερες καλλιέργειες φαίνεται στο σχήμα (2.10.4)(1). Για τη μηδική η τιμή του K_c είναι σταθερή και ίση με την μονάδα. Η ΕΤ υπολογίζεται με την σχέση :

$$ET = K_c * PET = K_c [0.0252 = 0.078] R_s \quad (2.10.4)(3)$$



ΣΧΗΜΑ(2.10.4)1

Φυτικός συντελεστής K_c για διάφορες καλλιέργειες που χρησιμοποιείται στη μέθοδο του Jensen.

Ο Jensen διατύπωσε και μια άλλη σχέση υπολογισμού της PET που έχει την μορφή :

$$PET = C_f [T - T_x] R_s \quad (2.10.4)(4)$$

Όπου PET είναι σε mm / ημέρα, T_a είναι η μέση ημερήσια θερμοκρασία του αέρα σε $^{\circ}C$, T_x είναι ένας κλιματικός παράγοντας που δίνεται από πίνακες και

C_t είναι ένας συντελεστής που υπολογίζεται από τη σχέση :

$$C_t = 1/[C_1 + C_2 C_h] \quad (2.10.4)(5)$$

Όπου το C_h είναι ένας δείκτης της ατμοσφαιρικής υγρασίας και υπολογίζεται από την σχέση :

$$C_h = 37,5/[e_2 - e_1] \quad (2.10.4)(6)$$

Όπου e_2 και e_1 είναι αντίστοιχα οι πιέσεις κορεσμού των υδρατμών που αντιστοιχούν στη μέση μέγιστη και μέση ελάχιστη θερμοκρασία του θερμότερου μήνα εκφρασμένη σε mmHg. Τιμές της πίεσεως κορεσμού των υδρατμών σε σχέση με την θερμοκρασία δίνονται στον πίνακα (2.10.4)1.

Κατά τη θερμή περίοδο του έτους ο συντελεστής C_2 έχει σταθερή , ίση με 7,3.

Ο συντελεστής C_1 μεταβάλλεται ανάλογα με το υψόμετρο της περιοχής σύμφωνα με τη σχέση :

$$C_1 = 38 - 0,00667L \quad (2.10.4)(7)$$

Όπου το L είναι το υψόμετρο του τόπου σε μέτρα.

ΠΙΝΑΚΑΣ (2.10.4)1

Πίεση κορεσμού υδρατμών σε διάφορες θερμοκρασίες

Θερμοκρασία. °C	Πίεση κορ.. mm Hg	Θερμοκρασία. °C	Πίεση κορ.. mm Hg
1	4.93	22	19.83
4	6.10	25	23.76
7	7.51	28	28.35
10	9.21	31	33.70
13	11.23	34	39.90
16	13.63	37	47.07
19	16.48	40	55.32

2.10.5 ΜΕΘΟΔΟΣ PENMAN

Ο Παπαζαφειρίου (1998) είπε πως ο Penman ήταν ο πρώτος που συνδύασε τους δύο τρόπους εκτίμησης της εξάτμισης και κατέληξε στη φερόνυμη εξίσωση ταυτόχρονα, με το συνδυασμό των εξισώσεων, απάλειψε τη θερμοκρασία της επιφάνειας που εξατμίζει, και έτσι έκανε εφικτή την εκτίμηση της εξάτμισης από μετρήσεις θερμοκρασίας, σχετικής υγρασίας και ταχύτητας ανέμου σε μία μόνο στάθμη της ατμόσφαιρας. Κατά σύμβαση, η στάθμη αυτή βρίσκεται σε ύψος 2 m από την επιφάνεια.

Αυτό το ύψος ενδιαφέρει ιδιαίτερα στην ταχύτητα ανέμου, η οποία ως γνωστόν μεταβάλλεται σημαντικά με το ύψος, ενώ δεν είναι απαραίτητο να τηρείται το ίδιο σχολαστικά για τη θερμοκρασία. Ένα άλλο δεδομένο που απαιτεί η μέθοδος Penman είναι η σχετική ηλιοφάνεια, η οποία υπεισέρχεται στην εκτίμηση της διαθέσιμης ενέργειας.

Η εξίσωση Penman κανονικά εφαρμόζεται για την εκτίμηση της εξάτμισης από υδάτινη επιφάνεια. Μια βασική παραδοχή για την ανάπτυξή της, η οποία ευσταθεί για υδάτινη επιφάνεια, είναι ότι οι υδρατμοί κοντά στην επιφάνεια είναι κορεσμένοι. Η παραδοχή αυτή δεν ευσταθεί στην περίπτωση της διαπνοής, όπου οι υδρατμοί δεν είναι κορεσμένοι στην επιφάνεια των φύλλων. Παρόλη την αδυναμία της αυτή, η μέθοδος Penman έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως και για την εκτίμηση της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής από εδαφικές

επιφάνειες. Μάλιστα, όπως αναφέρει ο Παπαζαφειρίου (1998), οι Doorenbos και Pruitt τυποποίησαν τη μέθοδο Penman για την εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας αναφοράς.

Για να αντιμετωπίσουν την παραπάνω αδυναμία της μεθόδου Penman, ο Παπαζαφειρίου (1998) αναφέρει πως ο Monteith το 1965, αναδιατύπωσε τη μέθοδο εισάγοντας την επιφανειακή αντίσταση των στομάτων των φυλλωμάτων στην εξάτμιση. Προέκυψε έτσι η αποκαλούμενη μέθοδος Penman-Monteith, η οποία είναι κατάλληλη για την εκτίμηση της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής των φυτών και ειδικότερα της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας αναφοράς. Η ίδια μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την εκτίμηση τη πραγματικής εξατμισοδιαπνοής, με τη διαφορά ότι δεν αρκούν πλέον τα τυπικά για της μέθοδο Penman μετεωρολογικά δεδομένα, αλλά χρειάζονται και μετρήσεις της επιφανειακής αντίστασης των φυλλωμάτων. Η χρήση της μεθόδου Penman-Monteith τείνει να γενικευτεί τα τελευταία χρόνια σε εκτιμήσεις εξατμισοδιαπνοής, λόγω της ακριβέστερης περιγραφής του φαινομένου.

Στην ανάλυση του, ο Penman χρησιμοποίησε την προσεγγιστική σχέση :

$$\frac{e^*(T_s) - e^*(T_a)}{T_s - T_a} = \Delta \quad (2.10.5)(1)$$

όπου $\Delta = de / dT$

ο λόγος Bowen είναι : $B = \frac{\gamma}{\Delta} \frac{e^*(T_s) - e^*(T_a)}{e^*(T_s) - e} = \frac{\gamma}{\Delta} \left[1 - \frac{e^*(T_a) - e}{e^*(T_s) - e} \right]$ (2.10.5)(2)

Για $A \approx Rn$ έχουμε : $\frac{\Delta + \gamma}{\Delta} E' - \frac{\gamma}{\Delta} \frac{e^*(T_a) - e}{e^*(T_s) - e} E' = \frac{Rn}{\lambda}$ (2.10.5)(3)

Παρατηρούμε ότι στο δεύτερο όρο της (2.10.5)(3) , ο λόγος $E' / [e(T_s) - e]$ μπορεί να αντικατασταθεί, από τη συνάρτηση $F(u)$. έτσι η (2.10.5)(3)

γράφεται: $\frac{\Delta + \gamma}{\Delta} E' - \frac{\gamma}{\Delta} F(u) D = \frac{Rn}{\lambda}$ (2.10.5)(4)

όπου θέσαμε $D := e(T_a) - e$ (2.10.5)(5)

Επιλύοντας την (2.10.5)4 βρίσκουμε την τελική εξίσωση του Penman :

$$E' = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \frac{Rn}{\lambda} + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} F(u)D \quad (2.10.5)(6)$$

Το μέγεθος D εκφράζει το έλλειμμα κορεσμού στην ατμόσφαιρα. Εναλλακτικά, προσδιορίζεται συναρτήσει της θερμοκρασίας T_a και της σχετικής υγρασίας U από τη σχέση : $D = e (T_a) (1 - U)$ (2.10.5)(7)

Η *συνάρτηση ανέμου* $F(u)$ μπορεί κατ' αρχήν να παραχθεί θεωρητικά θέτοντας $D v/DM = 1$, $\epsilon = 0.622$, $k = 0.4$ (σταθερά του von Karman), $z_0 = 0.05$ cm (τυπική τραχύτητα υδάτινης επιφάνειας), και $z = 2$ m (τυπικό ύψος μέτρησης της ταχύτητας ανέμου).

Αντικαθιστώντας την πυκνότητα του αέρα και κάνοντας τις κατάλληλες μετατροπές μονάδων, ώστε η $F(u)$ να εκφράζεται σε kg/(hPa m² d), ενώ η ταχύτητα ανέμου u σε m/s, παίρνουμε :

$$F(u) = \frac{43.6}{T + 273} u \quad (2.10.5)(7)$$

όπου T η θερμοκρασία σε °C . Για τυπική θερμοκρασία 15°C , η παραπάνω εξίσωση δίνει : $F w(u) = 0.150 u$ (2.10.5)(8)

Ωστόσο, σύμφωνα με τον αυθεντικό τύπο του Penman (1948) η $F(u)$ δίνεται εμπειρικά από την ακόλουθη έκφραση (μετά από κατάλληλες μετατροπές μονάδων) : $F(u) = 0.26 (1 + 0.54 u) = 0.26 + 0.140 u$ (2.10.5)(9)

όπου και πάλι η ταχύτητα ανέμου u , μετρημένη σε ύψος 2 m, είναι σε m/s, ενώ η $F(u)$ έχει μονάδες kg/(hPa m² d).

Ο ίδιος ο Penman (1956) τροποποίησε την αρχική σχέση του προτείνοντας την αντικατάσταση της τιμής 1 στην παρένθεση της (2.10.5)9, με την τιμή 0.5:

$$F(u) = 0.26 (0.5 + 0.54 u) = 0.13 + 0.140 u \quad (2.10.5)(10)$$

Στις υδρολογικές εφαρμογές χρησιμοποιούνται και οι δύο εμπειρικές εκφράσεις (2.10.5)(9) και (2.10.5)(10) με επικρατέστερη την πρώτη (Brutsaert, 1982).

Η επικρατούσα άποψη είναι ότι η (2.10.5)(10) είναι προτιμότερη γιατί συμφωνεί καλύτερα με τις θεωρητικές εξισώσεις (2.10.5)(7) και (2.10.5)(8), αλλά και φαίνεται να προσαρμόζεται περισσότερο στα ελληνικά δεδομένα. Τονίζεται ότι όλες οι παραπάνω συναρτήσεις ανέμου αναφέρονται στην εξάτμιση από υδάτινη επιφάνεια.

2.10.6 ΜΕΘΟΔΟΣ PENMAN – MONTEITH

Όπως προαναφέρθηκε από τον Παπαζαφειρίου (1998), ο Monteith εισήγαγε την έννοια της επιφανειακής αντίστασης r_s των στομάτων, η οποία εκφράζει την ελεγχόμενη (σε ένα βαθμό) από τη χλωρίδα αντίσταση των φυλλωμάτων στην εξάτμιση. Από φυσική άποψη, η αντίσταση αυτή εκφράζει το γεγονός ότι οι υδρατμοί, ενώ μέσα στις κοιλότητες των στομάτων είναι σε κατάσταση κορεσμού, έξω από αυτές (δηλαδή στην επιφάνεια των φυλλωμάτων) βρίσκονται σε ακόρεστη κατάσταση. Η επιφανειακή αντίσταση εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως την ακτινοβολία, το έλλειμμα κορεσμού, τη θερμοκρασία των φυλλωμάτων, το περιεχόμενο νερό στα φυλλώματα, το ύψος των φυτών, κ.ά. Όπως και η αεροδυναμική αντίσταση r_a η επιφανειακή αντίσταση r_s έχει διαστάσεις $[LT^{-1}]$ και συνήθως εκφράζεται σε s/m .

Ο Monteith συνδύασε κατάλληλα την επιφανειακή και την αεροδυναμική αντίσταση και κατέληξε στην ακόλουθη τροποποιημένη σχέση Penman, γνωστή ως εξίσωση Penman-Monteith:

$$E' = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \frac{Rn}{\lambda} + \frac{\rho_a c_p}{(\Delta + \gamma) \lambda r_a} D \quad (2.10.69)(1)$$

$$\text{όπου } \gamma' = \gamma (1 + r_s / r_a) \quad (2.10.6)(2)$$

Ισοδύναμα, η (2.10.6)1 μπορεί να γραφεί :

$$E' = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma'} \frac{Rn}{\lambda} + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma'} F(u) D \quad (2.10.6)(3)$$

$$\text{όπου } F(u) := \frac{\rho_a c_p}{\gamma \lambda r_a} = \frac{\varepsilon \rho_a}{p r_a} \quad (2.10.6)(4)$$

Παρατηρούμε ότι η εξίσωση Penman-Monteith, στην περίπτωση της υδάτινης επιφάνειας, μεταπίπτει άμεσα στην εξίσωση Penman. Πράγματι, η επιφανειακή αντίσταση για υδάτινη επιφάνεια είναι $r_s = 0$, οπότε η (2.10.6)2 δίνει $\gamma' = \gamma$.

Η εξίσωση Penman-Monteith μπορεί να θεωρηθεί ως γενίκευση της εξίσωσης Penman, η οποία ισχύει και για εξάτμιση από υδάτινες επιφάνειες και για εξατμισοδιαπνοή από εδαφικές επιφάνειες. Μάλιστα, θεωρητικά μπορεί να εφαρμοστεί τόσο για τη δυνητική, όσο και για την πραγματική εξατμισοδιαπνοή, αρκεί να εκτιμηθούν οι αντιστάσεις r_a και r_s . Είναι βεβαίως ευνόητο ότι η r_s δεν είναι σταθερή για μια συγκεκριμένη φυτοκάλυψη, αλλά μεταβάλλεται ανάλογα με τις συνθήκες ενυδάτωσης της χλωρίδας, παίρνοντας

μεγαλύτερες τιμές όταν υπάρχει ανεπάρκεια νερού. Ωστόσο, η εκτίμηση της αντίστασης r_s έχει πρακτικές δυσκολίες γιατί δεν είναι σαφής η συσχέτισή της με κάποια άλλα μετρήσιμα μεγέθη των φυτών, του εδάφους ή της ατμόσφαιρας. Πάντως, για ορισμένες ιδεατές καταστάσεις είναι δυνατός ο καθορισμός συγκεκριμένων τιμών της r_s .

2.10.7 ΜΕΘΟΔΟΣ DOORENBOS – PRUITT

Η εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας αναφοράς, η οποία είναι απαραίτητη για τον προσδιορισμό των αρδευτικών αναγκών, είναι μια τυπική περίπτωση εφαρμογής των παραπάνω μεθόδων συνδυασμού. Η αυθεντική μέθοδος Penman, όπως έχει διατυπωθεί παραπάνω δεν είναι προφανώς άμεσα αξιοποιήσιμη για την περίπτωση αυτή. Ο Παπαζαφερίου (1998) μας αναφέρει πως οι Doorenbos και Pruitt το 1977, πρότειναν ελαφρές τροποποιήσεις της μεθόδου για να την κάνουν κατάλληλη για το σκοπό αυτό, χωρίς πάντως να εισαγάγουν στις τροποποιήσεις αυτές την έννοια της επιφανειακής αντίστασης. Η μέθοδος Doorenbos-Pruitt συνοψίζεται στην εξίσωση :

$$E' = c \left[\frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \frac{R_n}{\lambda} + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} F(u)D \right] \quad (2.10.7)(1)$$

Παρατηρούμε ότι μια πρώτη τροποποίηση στην εξίσωση Doorenbos-Pruitt είναι η εισαγωγή του συντελεστή αναγωγής c , ο οποίος παίρνει υπόψη τις διαφορές των μετεωρολογικών συνθηκών που επικρατούν σε ένα τόπο μεταξύ ημέρας και νύχτας. Πιο συγκεκριμένα, ο συντελεστής c εξαρτάται από (α) τη μέγιστη σχετική υγρασία (β) την ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει στο έδαφος (γ) την ταχύτητα του ανέμου κατά τη διάρκεια της ημέρας και (δ) την ταχύτητα του ανέμου κατά τη διάρκεια της νύχτας. Οι Doorenbos και Pruitt δίνουν ένα πίνακα εκτίμησης του μεγέθους c συναρτήσεως αυτών των παραμέτρων.

Ας σημειωθεί ότι η εκτίμηση του συντελεστή αναγωγής προϋποθέτει τη γνώση περισσότερων μετεωρολογικών μεταβλητών σε σχέση με την αυθεντική μέθοδο Penman· στην Ελλάδα αυτές δεν είναι εύκολα διαθέσιμες ακόμη και στους πιο πλήρεις μετεωρολογικούς σταθμούς.

Πάντως για τις τυπικές θερινές συνθήκες, όπου κυρίως ενδιαφέρει η εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής των καλλιεργειών, και ειδικότερα για μέγιστη σχετική υγρασία της τάξης του 70% και για λόγους ταχυτήτων ανέμων κατά την ημέρα και τη νύχτα της τάξης του 1.5-2.0, ο συντελεστής αναγωγής είναι περίπου 1, οπότε μπορεί να παραλειφθεί. Μια δεύτερη τροποποίηση αφορά στη συνάρτηση ανέμου, η οποία κατά Doorenbos-Pruitt είναι :

$$F(u) = 0.27 (1 + 0.86 u) \quad (2.10.7)(2)$$

Οι μεγαλύτερες τιμές των παραμέτρων της (2.10.7)(2) σε σχέση με αυτές της (2.10.5)(9) είναι κατ' αρχήν εύλογες επειδή η καλλιέργεια αναφοράς έχει μεγαλύτερη τραχύτητα από μια υδάτινη επιφάνεια. Θα πρέπει όμως να σημειωθεί ότι στη συνάρτηση ανέμου κανονικά υπεισέρχεται και η επίδραση της επιφανειακής αντίστασης, η οποία δεν έχει ληφθεί υπόψη στην προσέγγιση των Doorenbos-Pruitt. Τέλος θα πρέπει να τονιστεί ότι στην περίπτωση της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας αναφοράς η λευκαύγεια είναι αρκετά μεγαλύτερη από αυτήν του νερού, γεγονός που μειώνει τη διαθέσιμη ακτινοβολία βραχέων κυμάτων. Οι Doorenbos και Pruitt, όπως αναφέρει ο Παπαζαφειρίου (1998) πρότειναν την τιμή $\alpha = 0.25$. Τέλος, πρότειναν μικρότερες τιμές των παραμέτρων του συντελεστή ep , γεγονός που συντείνει στη μείωση της ακτινοβολίας μακρών κυμάτων και άρα στην αύξηση της ολικής διαθέσιμης ακτινοβολίας. Ως αποτέλεσμα όλων των τροποποιήσεων της μεθόδου Penman, η μέθοδος Doorenbos-Pruitt παρουσιάζει την τάση υπερεκτίμησης της εξατμισοδιαπνοής, γεγονός που πρέπει να αποδοθεί στην ανάγκη συντηρητικότερων εκτιμήσεων, δεδομένου ότι η μέθοδος ουσιαστικά αποσκοπεί στην εκτίμηση των αρδευτικών αναγκών.

Από τη δεκαετία του 1970 μέχρι πρόσφατα, η μέθοδος Doorenbos-Pruitt απετέλεσε το διεθνές πρότυπο, γνωστό και ως πρότυπο FAO (Food and Agriculture Organization), εκτίμησης των υδατικών αναγκών των καλλιεργειών. Στην Ελλάδα θεσμοθετήθηκε από το Υπουργείο Γεωργίας, όπως μας αναφέρει ο Παπαζαφειρίου (1998), ως η καθιερωμένη μέθοδος εκτίμησης υδατικών αναγκών. Στη δεκαετία του 1990 έγιναν εκτεταμένες έρευνες υπό την αιγίδα του FAO και, αφού διαπιστώθηκε ότι η μέθοδος υπερεκτιμά την εξατμισοδιαπνοή, το πρότυπο αυτό αναθεωρήθηκε. Το αναθεωρημένο πρότυπο στηρίζεται στην εξίσωση Penman - Monteith και είναι πολύ ακριβέστερο από το παλιό.

Παρόλο που, η μέθοδος Penman-Monteith είναι δύσκολα εφαρμόσιμη σε πραγματικές συνθήκες, η εφαρμογή της απλοποιείται κατά πολύ στην περίπτωση της ιδεατής καλλιέργειας αναφοράς. Αυτή ορίζεται ως μια υποθετική καλλιέργεια με ύψος 0.12 m που έχει επιφανειακή αντίσταση 70 s/m και λευκαύγεια 0.23, αναπαριστώντας πιστά ως προς την εξατμισοδιαπνοή μια εκτεταμένη επιφάνεια γλόης ομοιόμορφου ύψους, σε ενεργή ανάπτυξη και επαρκώς αρδευόμενη. Εναλλακτικά, ο Παπαζαφειρίου (1998) αναφέρει ότι ο Shuttleworth στον ορισμό της καλλιέργειας αναφοράς θεωρεί επιφανειακή αντίσταση $r_s = 69$ s/m αντί 70 s/m. Με αυτά τα δεδομένα, καθίσταται άμεσα

εφαρμόσιμη η εξίσωση (2.10.6)1, χωρίς να απαιτούνται άλλα δεδομένα πέρα από αυτά της αυθεντικής μεθόδου Penman. Η μέθοδος Penman-Montieth ξεπερνά τα μειονεκτήματα της μεθόδου Doorenbos-Pruitt και, όπως αποδείχτηκε, βρίσκεται σε συμφωνία με πραγματικές μετρήσεις εξατμισοδιαπνοής καλλιεργειών σε παγκόσμια κλίμακα. Ο Παπαζαφειρίου (1998) αναφέρει πως ακόμη και σε περιπτώσεις που δεν είναι διαθέσιμο το σύνολο των μετεωρολογικών δεδομένων που απαιτεί η μέθοδος Penman-Montieth, και πάλι είναι προτιμότερο να χρησιμοποιείται προσεγγιστικά αυτή μέθοδος παρά μια ανακριβής εμπειρική μέθοδος.

2.11.ΑΡΔΕΥΣΗ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

2.11.1 ΑΝΑΓΚΕΣ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΣΕ ΝΕΡΟ ΑΡΔΕΥΣΕΩΣ

Οι ανάγκες των καλλιεργειών σε νερό προσδιορίζονται από την πραγματική εξατμισοδιαπνοή. Με φυσικό τρόπο αυτές μπορούν να καλυφτούν από την βροχή, το υπόγειο νερό και το νερό που είναι αποθηκευμένο στο έδαφος στη ζωή του ριζοστρώματος. Σε περίπτωση που οι τρεις παραπάνω πηγές είναι ανεπαρκείς, είναι αναγκαίο για την κανονική ανάπτυξη και απόδοση των καλλιεργειών να δοθεί πρόσθετο νερό με άρδευση. Έτσι, οι καθαρές σε αρδευτικό νερό ανάγκες (I_n) μπορούν να υπολογιστούν με την σχέση :

$$I_n = ET_c - (Pe + Gw + SM) \quad (2.11.1)(1)$$

Όπου ET_c είναι η πραγματική εξατμισοδιαπνοή, Pe είναι το μέρος εκείνο της βροχής που μπορεί να αξιοποιηθεί από τις καλλιέργειες και λέγεται ωφέλιμη βροχή, Gw είναι η συμβολή του υπόγειου νερού και SM είναι το νερό που είναι αποθηκευμένο στη ζώνη του ριζοστρώματος στην αρχή της βλαστικής περιόδου και μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τις καλλιέργειες.

Πέρα όμως από τις καθαρές σε νερό ανάγκες που πρέπει να καλυφτούν με άρδευση, πρόσθετες ποσότητες νερού χρειάζονται για την έκλυση των αλάτων που συγκεντρώνονται στο ριζόστρωμα σαν συνέπεια της αρδεύσεως και την κάλυψη των απωλειών κατά την μεταφορά του νερού και την εφαρμογή του στο χωράφι. Έτσι, οι ολικές σε νερό ανάγκες (I_t) υπολογίζονται από την σχέση :

$$I_t = \frac{I_n}{E(1 - LR)} \quad (2.11.1)(2)$$

Όπου E είναι η αρδευτική αποδοτικότητα και LR είναι ο συντελεστής εκλύσεως.

2.11.2 ΩΦΕΛΙΜΗ ΒΡΟΧΗ

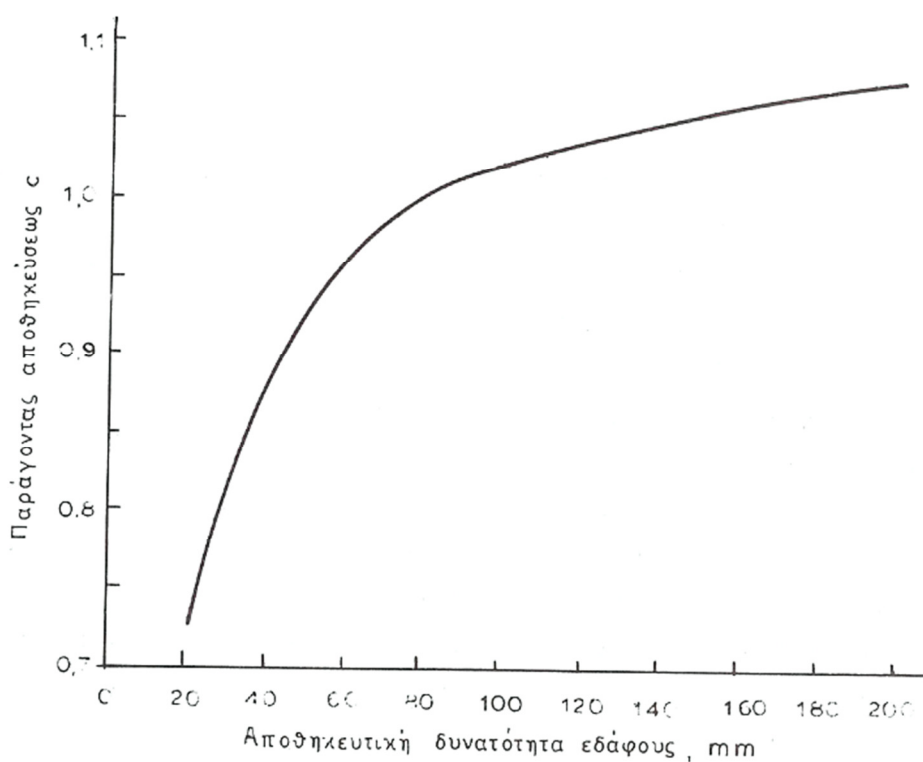
Από τη βροχή που πέφτει σε ένα χωράφι μέρος της μπορεί να χαθεί με επιφανειακή απορροή, βαθειά διήθηση ή εξάτμιση. Εκείνο που απομένει αποτελεί την ωφέλιμη βροχή. Το ποσοστό που αντιπροσωπεύει η ωφέλιμη βροχή δεν είναι σταθερό αλλά εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της βροχής και το βαθμό καλύψεως του εδάφους από την καλλιέργεια. Έτσι, η ωφέλιμη βροχή αντιπροσωπεύει μικρό σχετικά μέρος μιας βροχής που έχει σημαντικό ύψος και μεγάλη ένταση.

Αντίθετα συχνές αλαφριές βροχές που συγκρατούνται στο σύνολο τους από το φύλλωμα μια καλλιέργειας που καλύπτει πλήρως την επιφάνεια του χωραφιού είναι σχεδόν 100% ωφέλιμες. Ο Παπαζαφειρίου (1998) αναφέρει πως η USDA Soil Conservation Service επινόησε μια μέθοδο που υπολογίζει την ωφέλιμη βροχή κατά μήνα με βάση τη μηνιαία εξατμισοδιαπνοή και τη μέση μηνιαία βροχόπτωση. Η μέθοδος αυτή δίνεται με την μορφή του πίνακα (2.11.2)1. Οι τιμές της ωφέλιμης βροχής που δίνονται στον πίνακα βασίζονται στην υπόθεση ότι το νερό που μπορεί να αποθηκευτεί στη ζώνη του ριζοστρώματος και να χρησιμοποιηθεί από τις καλλιέργειες ανέρχεται σε 75 mm. Για περιπτώσεις που η αποθηκευτική αυτή δυνατότητα είναι μικρότερη ή μεγαλύτερη από 75 mm χρησιμοποιείται ένας διαρθρωτικός παράγοντας αποθηκεύσεως (c) που δίνεται με την μορφή διαγράμματος στο σχήμα (2.11.2)1. Κατά τη σύνταξη του πίνακα (2.11.2)1 δεν πάρθηκε υπόψη η διηθητικότητα του εδάφους και η ένταση της βροχής. Σε περιπτώσεις που η διηθητικότητα είναι χαμηλή και η ένταση της βροχής μεγάλη, ένα σημαντικό μέρος του νερού της βροχής μπορεί να εγκαταλείψει το χωράφι σαν επιφανειακή απορροή οπότε ανάλογα πρέπει να περιοριστεί και η ωφέλιμη βροχή που δίνει ο πίνακας (2.11.2)1.

ΠΙΝΑΚΑΣ (2.11.2)1

Μέση μηνιαία ωφέλιμη βροχή κατά τη μέθοδο της SCS (1967)

Μηνιαία βροχόπτωση, mm (1)	Μηνιαία εξατμισοδιαπνοή, mm									
	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250
	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
12.5	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12
25.0	16	17	18	19	20	21	23	24	25	25
37.5	24	25	27	28	30	31	32	33	35	37
50.0		32	34	35	37	39	42	44	47	50
67.5		39	41	43	46	49	52	54	57	61
75.0		46	48	52	54	57	61	64	68	72
87.5			56	59	62	66	69	73	78	84
100.0			62	66	70	74	78	82	87	92
112.5			69	73	76	81	86	91	96	102
125.0				80	85	89	95	100	106	112
137.5				87	92	97	103	109	115	121
150.0				94	98	104	110	117	124	132
162.5				100	106	112	118	125	132	140
175.0					116	119	126	134	141	150
187.5					120	127	134	142	150	158
200.0						133	141	150	159	167



ΣΧΗΜΑ (2.11.2)1

Διορθωτικός παράγοντας αποθηκείσεως για την εκτίμηση της ωφέλιμης βροχής.

2.11.3 ΥΠΟΓΕΙΟ ΝΕΡΟ

Η συμβολή του υπόγειου νερού στην κάλυψη των σε νερό αναγκών των καλλιεργειών εξαρτάται από το βάθος που βρίσκεται η υπόγεια στάθμη, τα χαρακτηριστικά του υπερκείμενου εδάφους και την υγρασία στη ζώνη του ριζοστρώματος. Στα συνεκτικά εδάφη το νερό μπορεί να φτάσει πολύ ψηλά πάνω από την υπόγεια στάθμη με βραδύ όμως ρυθμό ενώ, στα ελαφρά εδάφη, το ύψος ανόδου του νερού είναι μικρό αλλά ο ρυθμός είναι ταχύς. Γενικά , χρειάζονται πολύ λεπτομερείς μετρήσεις για να υπολογιστεί η ποσοτική συμβολή του υπόγειου νερού σε κάθε περιοχή που πρόκειται να αρδευτεί.

2.11.4 ΑΡΔΕΥΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ

Απώλειες παρατηρούνται τόσο κατά τη μεταφορά όσο και κατά την εφαρμογή του αρδευτικού νερού στο χωράφι, με συνέπεια να χρειάζονται επιπρόσθετες ποσότητες για την κάλυψη των καθαρών σε νερό αναγκών των καλλιεργειών. Για το λόγο αυτό, κατά την εκτίμηση των ολικών σε νερό αναγκών, πρέπει να περιλαμβάνεται ένας αναλογικός συντελεστής ενδεικτικός των απωλειών. Ο συντελεστής αυτός λέγεται αρδευτική αποδοτικότητα.

Σε ένα αρδευτικό δίκτυο διακρίνονται οι ακόλουθες αποδοτικότητες : Η αποδοτικότητα του δικτύου μεταφοράς (E1) είναι η αναλογία ανάμεσα στο νερό που φτάνει στις υδροληψίες των αγωγών εφαρμογής (Qs) και αυτού που παροχετεύτηκε στην πηγή τροφοδοσίας του δικτύου (Qin). Η αποδοτικότητα αυτή εκφράζεται από τη σχέση της μορφής :

$$E1 = \frac{Qs}{Qin} \quad (2.11.4)(1)$$

Η αποδοτικότητα του δικτύου εφαρμογής (E2) αντιπροσωπεύει την αναλογία ανάμεσα στο νερό που φτάνει στην αρχή του χωραφιού (Qf) και αυτού που παροχετεύτηκε στην υδροληψία του αγωγού εφαρμογής (Qs) είναι δηλαδή:

$$E2 = \frac{Qf}{Qs} \quad (2.11.4)(2)$$

Η αποδοτικότητα εφαρμογής του νερού E1 είναι η αναλογία ανάμεσα στο νερό που αποθηκεύτηκε στη ζώνη του ριζοστρώματος και είναι 100% διαθέσιμο για την κάλυψη των αναγκών των καλλιεργειών (Ms) και αυτού που παροχετεύτηκε στην αρχή του χωραφιού (Qf). Η αποδοτικότητα αυτή

εκφράζεται με τη σχέση : $Ef = \frac{Ms}{Qf}$ (2.11.4)(3)

Η αποδοτικότητα του αρδευτικού δικτύου (E_p) είναι η αναλογία ανάμεσα στο νερό που αποθηκεύτηκε στο ριζόστρωμα (M_s) και που παροχετεύτηκε στην πηγή τροφοδοσίας του δικτύου (Q_{in}), είναι δηλαδή :

$$E_p = E_1 * E_2 * E_f = \frac{M_s}{Q_{in}} \quad (2.11.4)(4)$$

Πολλές φορές οι αποδοτικότητες E_1 και E_2 συνδυάζονται και αποτελούν την αποδοτικότητα διανομής του νερού (E_d) που είναι η αναλογία ανάμεσα στο νερό που φτάνει στην αρχή του χωραφιού και αυτού που παροχετεύτηκε στην πηγή τροφοδοσίας του δικτύου, είναι δηλαδή :

$$E_d = E_1 * E_2 = \frac{Q_f}{Q_{in}} \quad (2.11.4)(5)$$

Η αποδοτικότητα διανομής του νερού επηρεάζεται από το μέγεθος του αρδευτικού δικτύου, τον αριθμό και το είδος των καλλιεργειών, το είδος του δικτύου διανομής του νερού και τα έργα ρυθμίσεως της ροής.

Η αποδοτικότητα αυτή είναι κατ' εξοχή ευαίσθητη στην αποτελεσματικότητα με την οποία είναι οργανωμένο και λειτουργεί το δίκτυο. Επίσης επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από την επιδεξιότητα των αγροτών και την μέθοδο αρδεύσεως.

2.11.5 ΕΚΠΛΥΣΗ ΤΩΝ ΑΛΑΤΩΝ

Η αλατότητα του εδάφους των χωραφιών διαμορφώνεται ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους, την ποιότητα του αρδευτικού νερού (Malamos and Koutsoyiannis, 2018), τον τρόπο εφαρμογής του και το μέγεθος και την κατανομή των βροχών. Η αλατότητα αυξάνει με την πάροδο της βλαστικής περιόδου. Για να κρατηθεί η αλατότητα σε επιτρεπτά επίπεδα, είναι απαραίτητη η έκπλυση του εδάφους με νερό πριν, κατά την διάρκεια ή μετά τη βλαστική περίοδο, με την προϋπόθεση ότι σε καμιά περίπτωση η συγκέντρωση των αλάτων στο έδαφος δεν θα ξεπεράσει τα μέγιστα επιτρεπόμενα όρια. Η άρδευση λοιπόν συνεπάγεται πάντοτε αύξηση της αλατότητας του εδάφους που, αν δεν προσεχτεί από την αρχή, μπορεί να προκαλέσει σοβαρό υποβιβασμό της γονιμότητας της γεωργικής γης. Μέτρο για τον υπολογισμό του νερού που χρειάζεται για έκπλυση αποτελεί η ανθεκτικότητα των καλλιεργειών σε διάφορα επίπεδα αλατότητας και η συγκέντρωση αλάτων στο

αρδευτικό νερό. Η ανθεκτικότητα των καλλιεργειών εκφράζεται έμμεσα με την ηλεκτρική αγωγιμότητα του εκχυλίσματος κορεσμού του εδάφους.

Ο Παπαζαφειρίου (1998) γράφει πως οι Ayers και Westcot μελέτησαν την επίδραση που έχει η συγκέντρωση αλάτων στο εκχύλισμα κορεσμού πάνω στην απόδοση πλήθους καλλιεργειών. Με βάση τα στοιχεία που δίνουν οι παραπάνω ερευνητές συντάχτηκε το διάγραμμα του σχήματος (2.11.5)1 που δείχνει τα όρια συγκεντρώσεως των αλάτων στο εκχύλισμα κορεσμού εκφρασμένα σε mmhos/cm και τα αντίστοιχα επίπεδα αποδόσεως διαφόρων καλλιεργειών.

Ο υπολογισμός της ποσότητας του νερού που χρειάζεται για έκπλυση γίνεται με τη βοήθεια του συντελεστή εκπλύσεως (LR) που αντιπροσωπεύει την ελάχιστη ποσότητα νερού, εκφρασμένης σαν κλάσμα της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής, που πρέπει να διηθηθεί βαθειά μέσα από τη ζώνη του ριζοστρώματος για να διατηρήσει την αλατότητα του εδάφους σε ένα προκαθορισμένο επίπεδο.

Ο συντελεστής εκπλύσεως μπορεί έμμεσα να υπολογιστεί με τη σχέση :

$$LR = \frac{EC_w}{5 EC_s - EC_w} \quad (2.11.5)(1)$$

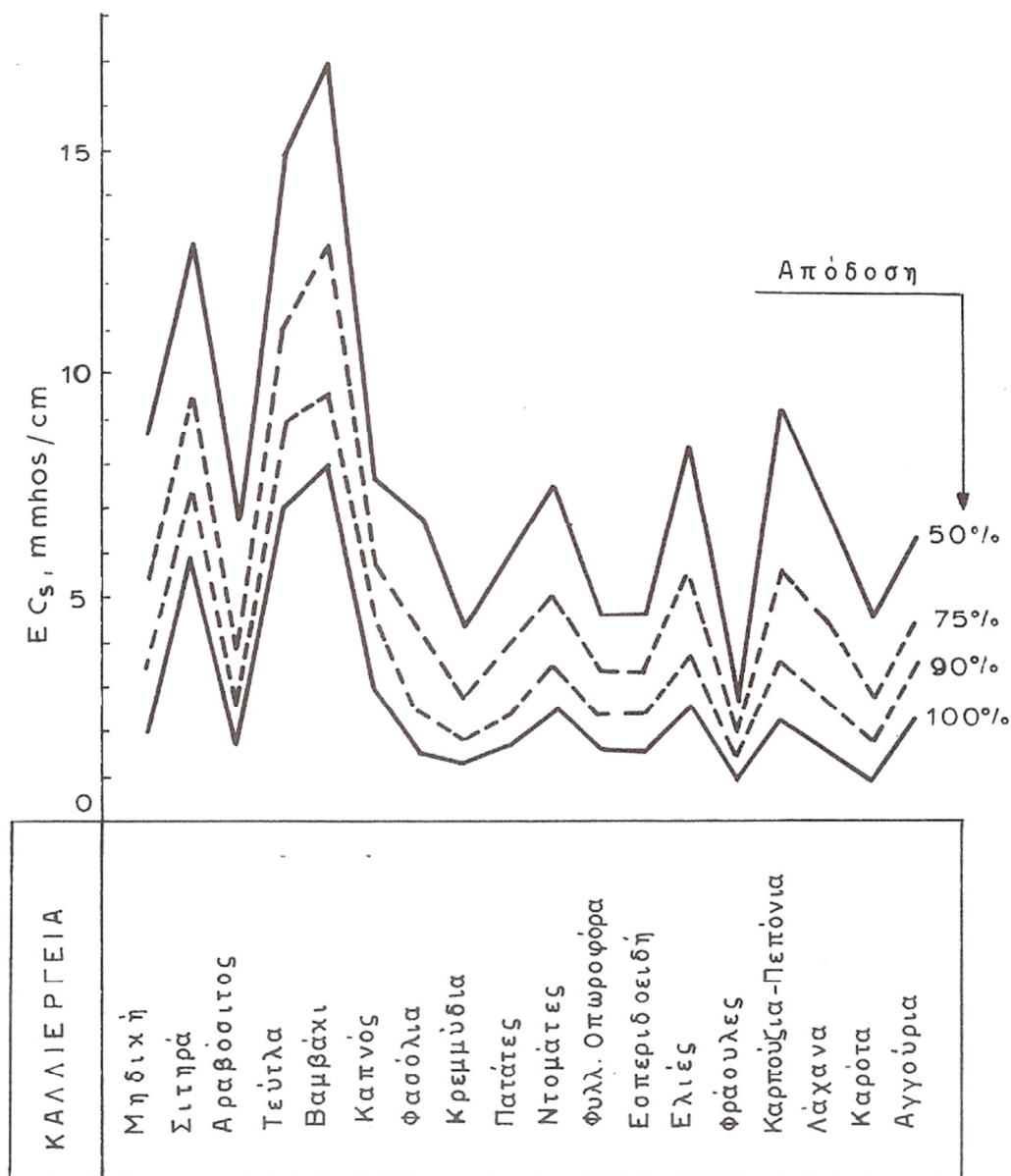
Όπου EC_w είναι η ηλεκτρική αγωγιμότητα του αρδευτικού νερού σε mmhos/cm EC_s είναι η ηλεκτρική αγωγιμότητα σε mmhos/cm του εκχυλίσματος κορεσμού που αντιστοιχεί σε μια καλλιέργεια και το επιθυμητό επίπεδο απόδοσης της.

Η σχέση (2.11.5)1 εφαρμόζεται όταν η άρδευση γίνεται με επιφανειακές μεθόδους ή καταιονισμό και αφορά χωράφια με αμμοπηλώδη (SL) μέχρι αργιλλοπηλώδη (CL) εδάφη.

Στην στάγδην άρδευση ο συντελεστής εκπλύσεως υπολογίζεται με τη σχέση :

$$LR = \frac{EC_w}{3 EC_{50}} \quad (2.11.5)(2)$$

Όπου EC_{50} είναι η ηλεκτρική αγωγιμότητα σε mmhos/cm που αντιστοιχεί σε απόδοση 50% της καλλιέργειας που δίνεται στο σχήμα (2.11.5)1.



ΣΧΗΜΑ (2.11.5)1

Επίδραση της συγκεντρώσεως αλάτων στο έδαφος στην απόδοση διαφόρων καλλιεργειών με βάση την ηλεκτρική αγωγιμότητα του εκχυλίσματος κορεσμού [EC_s].

2.11.6 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΑΡΔΕΥΣΕΩΝ

Ο αρδευτικός προγραμματισμός αφορά τον καθορισμό του αριθμού των αρδεύσεων που πρέπει να εφαρμόζονται κατά την διάρκεια της βλαστικής περιόδου μιας καλλιέργειας, των ημερομηνιών εφαρμογής τους και της ποσότητας του νερού που εφαρμόζεται με κάθε άρδευση.

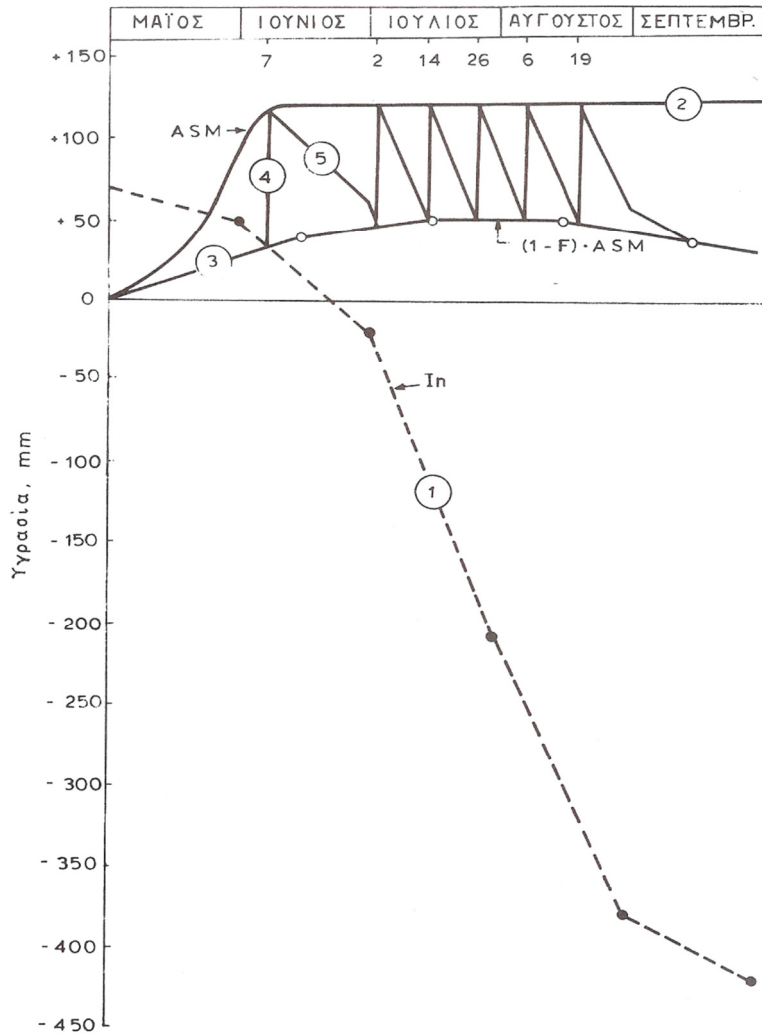
Μια διαδικασία καταστρώσεως αρδευτικών προγραμμάτων, που χρησιμοποιεί τα στοιχεία αυτά, όπως αναφέρθηκε από τον Παπαζαφειρίου (1998),

διατυπώθηκε από τους Doorenbos και Pruiitt με γραφικό τρόπο. Η μέθοδος αυτή ακολουθεί τα εξής στάδια :

- Υπολογισμό των καθαρών αναγκών σε νερό στο τέλος του μήνα και χάραξη της καμπύλης (1) στο σχήμα (2.11.6)1.
- Υπολογισμό της διαθέσιμης υγρασίας και μεταφορά της στο παραπάνω σχήμα με τη μορφή της καμπύλης (2). Επειδή στην αρχή της βλαστικής περιόδου το ριζόστρωμα δεν είναι πλήρως ανεπτυγμένο, γίνεται ανάλογη προσαρμογή της καμπύλης (2).
- Επιλογή του συντελεστή ωφελιμότητας F από το σχήμα (2.11.6)2 και υπολογισμός της ωφέλιμης υγρασίας για κάθε μήνα της βλαστικής περιόδου. Υπολογισμός της διαφοράς $ASM - USM = (1-F)*ASM$ και μεταφορά της στο σχήμα (2.11.6)1 με την μορφή της καμπύλης (3). Η διαφορά αυτή αντιπροσωπεύει το μέρος εκείνο της διαθέσιμης υγρασίας που δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ωφέλιμα από την καλλιέργεια. Η εδαφική υγρασία που αντιστοιχεί στη διαφορά $(1-F)*ASM$ αναφέρεται σαν ελάχιστη επιτρεπόμενη υγρασία και αποτελεί το κάτω όριο της ωφέλιμης υγρασίας, σε αντιδιαστολή με το σημείο μόνιμης μάρανσης που αποτελεί το κάτω όριο της διαθέσιμης υγρασίας.
- Όταν η καμπύλη (1) συναντήσει την (3) σημαίνει ότι το χωράφι πρέπει να αρδευτεί με νερό ίσο με την ωφέλιμη υγρασία του εδάφους. Αυτή αντιπροσωπεύεται από την κατακόρυφη γραμμή (4) ανάμεσα στις καμπύλες (2) και (3).
- Αρχίζοντας από το σημείο τομής των καμπυλών (2) και (4), φέρεται η ευθεία (5) παράλληλη προς το τμήμα της καμπύλης (1) που αντιστοιχεί στην ίδια περίοδο μέχρι να συναντήσει την καμπύλη (3), οπότε επαναλαμβάνεται η προηγούμενη διαδικασία μέχρι το τέλος της βλαστικής περιόδου.
- Ο αριθμός των κατακόρυφων γραμμών (4) αντιπροσωπεύει τον αριθμό των αρδεύσεων, η θέση τους την ημερομηνία που πρέπει να εφαρμοστούν, η μεταξύ τους απόσταση, το εύρος αρδεύσεως και το ύψος τους την ωφέλιμη υγρασία που είναι ταυτόσημη με το καθαρό βάθος αρδεύσεως.
Το ολικό βάθος αρδεύσεως βρίσκεται, κατά τα γνωστά, αν το καθαρό βάθος διαιρεθεί με την αποδοτικότητα εφαρμογής και προστεθεί το τυχόν νερό που χρειάζεται για την έκπλυση των αλάτων.

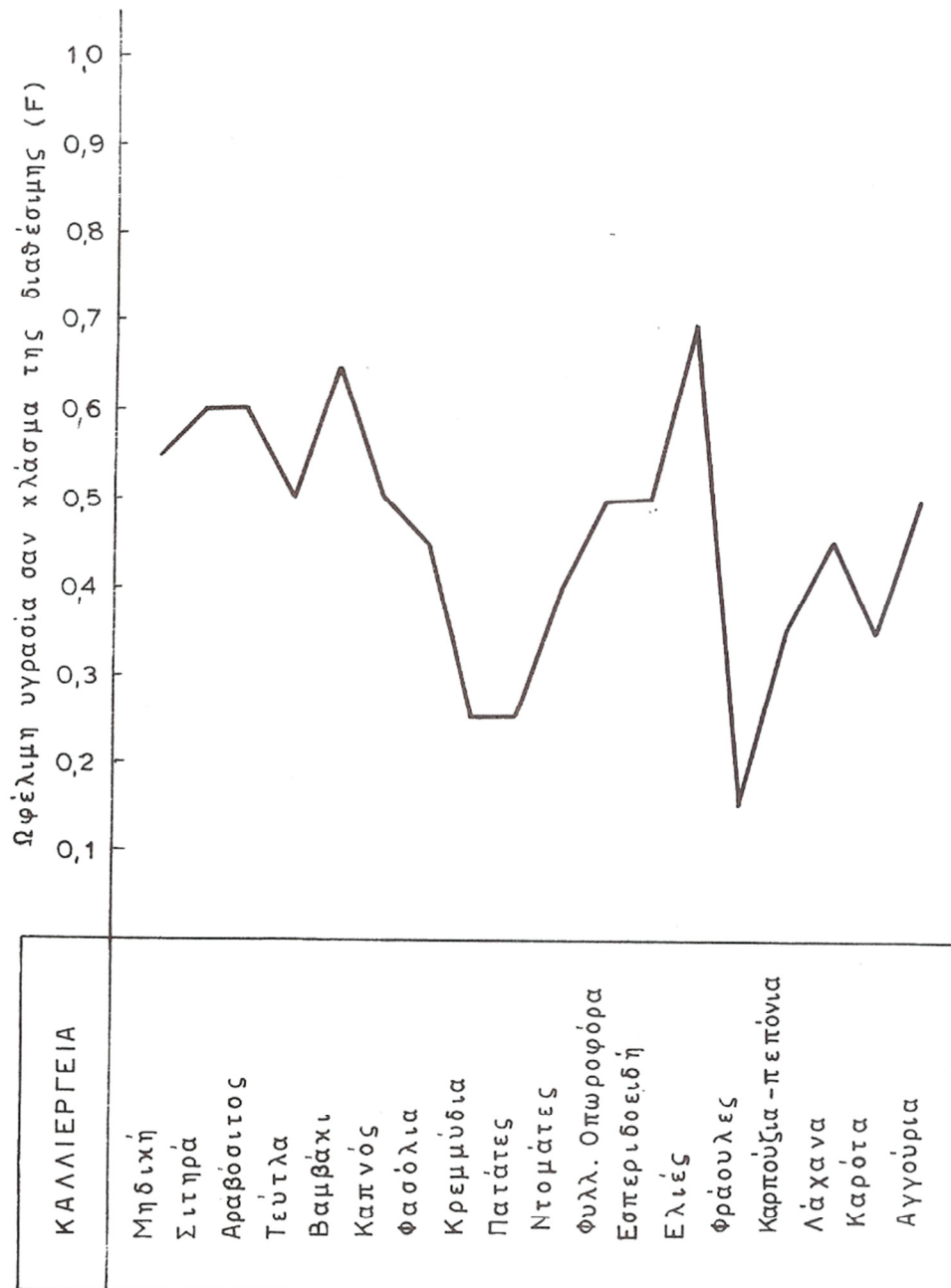
Η μέθοδος αυτή δίνει μόνο κατά προσέγγιση καλά αποτελέσματα γιατί, ενώ το μηδέν του άξονα της υγρασίας πρέπει να αντιστοιχεί στην

ελάχιστη επιτρεπόμενη υγρασία, στο διάγραμμα η υγρασία αυτή αντιπροσωπεύεται από την καμπύλη (3). Οι μεγαλύτερες αποκλίσεις παρατηρούνται στις ημερομηνίες αρδεύσεως και κατά δεύτερο λόγο στο βάθος αρδεύσεως. Η σωστή κατάσταση ενός αρδευτικού προγράμματος πρέπει να βασίζεται στη λογιστική παρακολούθηση των μεταβολών των παραμέτρων του ισοζυγίου υγρασίας του χωραφιού.



ΣΧΗΜΑ (2.11.6)1

Πρόγραμμα αρδεύσεως με τη γραφική μέθοδο των Doorenbos και Pruitt (1977).



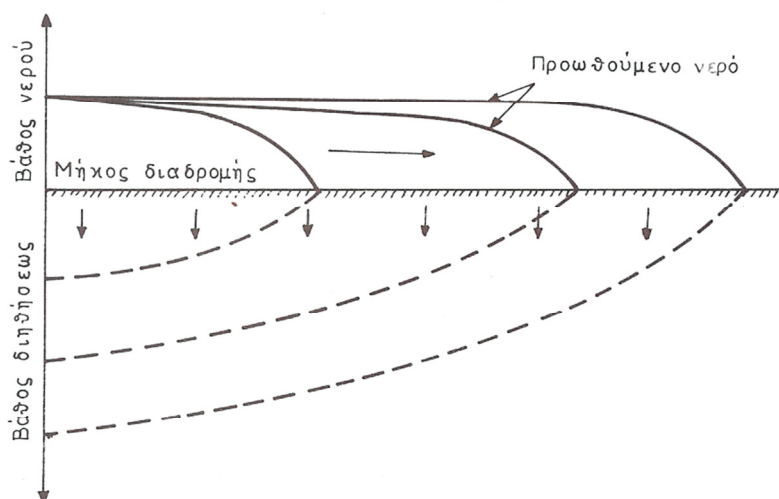
ΣΧΗΜΑ(2.11.6)2

Ωφέλιμη υγρασία εκφρασμένη σαν κλάσμα της διαθέσιμης υγρασίας (F).

2.11.7 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΡΔΕΥΣΕΩΣ

Μια άρδευση για να θεωρηθεί επιτυχής πρέπει να εφοδιάζει το χωράφι με τόσο νερό όσο χρειάζεται για να φτάσει η υγρασία της ζώνης του ριζοστρώματος στην ιδατοϊκανότητα, πρέπει δηλαδή να εφοδιάζει το έδαφος με νερό όσο είναι το καθαρό βάθος αρδεύσεως που, είναι ίσο με την ωφέλιμη υγρασία.

Η εφαρμογή του νερού πρέπει να γίνεται με τρόπο που οι απώλειες να είναι όσο γίνεται μικρότερες ώστε η αποδοτικότητα εφαρμογής να πλησιάζει την μονάδα. Αυτό μπορεί να επιτευχτεί αν το νερό εφαρμοστεί ομοιόμορφα στην επιφάνεια του αγρού επί όσο χρόνο χρειάζεται για να διηθηθεί στο έδαφος ποσότητα ίση με την ωφέλιμη υγρασία. Το αρδευτικό νερό μπορεί να εφαρμοστεί στο χωράφι με διάφορους τρόπους που επικράτησε να λέγονται μέθοδοι αρδεύσεως. Ανάλογα με τον τρόπο εφαρμογής του νερού διακρίνονται σε επιφανειακές μεθόδους, καταιονισμό και στάγδην άρδευση. Στην επιφανειακή άρδευση το νερό εφαρμόζεται στο χωράφι είτε στατικά είτε κινούμενο. Στην πρώτη περίπτωση η επιφάνεια του χωραφιού πρέπει πρακτικά να είναι οριζόντια, για αυτό λέγεται οριζόντια άρδευση. Στη δεύτερη περίπτωση η επιφάνεια του χωραφιού παρουσιάζει κάποια κλίση που επιτρέπει την κίνηση του νερού προς τα κάτω και για το λόγο αυτό λέγεται κεκλιμένη άρδευση. Στην οριζόντια άρδευση ανήκει η μέθοδος της κατακλίσεως ή των λεκανών. Στην κεκλιμένη άρδευση ανήκει η μέθοδος της περιορισμένης διαχύσεως ή των παράλληλων λωρίδων και η μέθοδος των αυλάκων. Στην κεκλιμένη άρδευση το νερό παροχετεύεται στο πάνω άκρο των λωρίδων ή των αυλάκων όπου, αφού διηθηθεί μια ποσότητα, το υπόλοιπο κινείται προς τα κάτω με μειωμένη παροχή σαν συνέπεια της συνεχιζόμενης διηθήσεως. Η κίνηση αυτή έχει όλα τα χαρακτηριστικά της ασταθούς ανομοιόμορφης ροής, χρειάζεται δε προσεκτικός χειρισμός του νερού για να επιτευχτεί ικανοποιητική ομοιομορφία εφαρμογής και υψηλός βαθμός αποδόσεως της αρδεύσεως. Ένα προφίλ του νερού που κινείται στην επιφάνεια και αυτό που κινείται μέσα στο έδαφος φαίνεται στο σχήμα (2.11.7)1.



ΣΧΗΜΑ (2.11.7)1

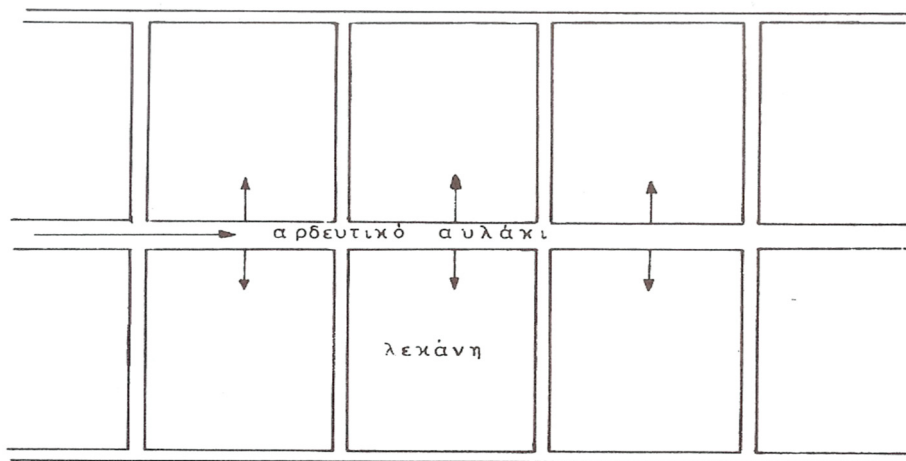
Προφίλ του επιφανειακά κινούμενου και διηθούμενου στο έδαφος νερού κατά την κεκλιμένη άρδευση.

Η ομοιομορφία εφαρμογής του νερού επηρεάζεται από την παροχή αρδεύσεως, που είναι το νερό που παροχετεύεται στο πάνω άκρο της λωρίδας ή του αυλακιού, το μήκος διαδρομής, που είναι η απόσταση που θα διατρέξει το νερό από το πάνω μέχρι το κάτω άκρο της λωρίδας ή του αυλακιού, τη διηθητικότητα του εδάφους, στιγμιαία και αθροιστική, και την ταχύτητα ροής του νερού που είναι συνάρτηση της κλίσεως της αρδευόμενης επιφάνειας, της τραχύτητας της επιφάνειας του εδάφους και της πυκνότητας της καλλιέργειας, διαμέσου της οποίας πρέπει ενδεχόμενα να κινηθεί. Από τους παραπάνω παράγοντες, η διηθητικότητα του εδάφους, η κλίση, η τραχύτητα και η πυκνότητα της καλλιέργειας πρέπει να θεωρηθούν σαν αμετάβλητοι. Αντίθετα, η παροχή αρδεύσεως και το μήκος διαδρομής είναι παράγοντες μεταβλητοί. Δυνατότητα χειρισμών δίνουν μόνο οι δυο τελευταίοι παράγοντες και το μέγεθος τους πρέπει να επιλέγεται έτσι που, σε συνδυασμό με τους αμετάβλητους παράγοντες, να δίνει τη μεγαλύτερη δυνατή ομοιομορφία κατανομής του νερού πάνω στο χωράφι.

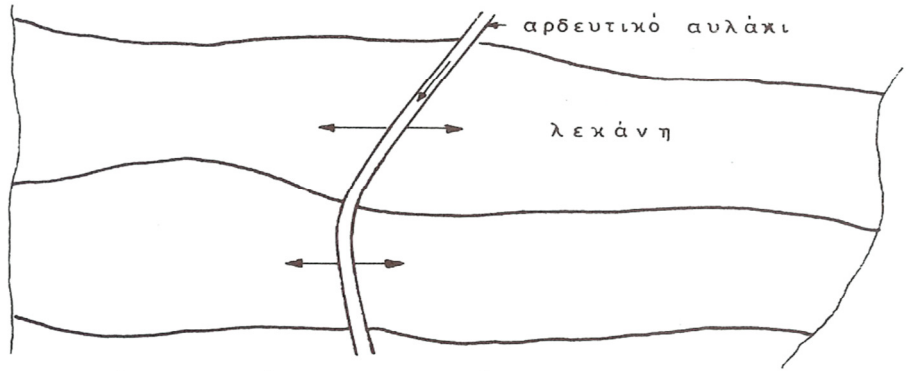
2.11.8 ΑΡΔΕΥΣΗ ΜΕ ΚΑΤΑΚΛΥΣΗ

Η άρδευση με κατάκλιση αποτελεί τον πιο απλό τρόπο επιφανειακής αρδεύσεως. Στη μέθοδο αυτή το χωράφι χωρίζεται με χωμάτινα αναχώματα σε μικρής εκτάσεως, σχεδόν οριζόντιες λεκάνες, στις οποίες παροχετεύεται νερό μέχρι να φτάσει σε βάθος ίσο με το ολικό βάθος αρδεύσεως, οπότε διακόπτεται η παροχή και το νερό αφήνεται να διηθηθεί. Η μέγιστη υψομετρική διαφορά μεταξύ ακραίων σημείων της λεκάνης δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 5 cm. Η μέθοδος απαιτεί μεγάλη αρδευτική παροχή. Ο ρυθμός εφαρμογής πρέπει να είναι τουλάχιστον δεκαπλάσιος της διηθητικότητας του εδάφους. Οι διαστάσεις των λεκανών είναι μικρές και το μέγεθος τους διαμορφώνεται ανάλογα με την κλίση της επιφάνειας και την διηθητικότητα του εδάφους. Σε ελαφρά εδάφη, εφόσον βεβαία δεν υπάρχει περιορισμός από την διαθέσιμη παροχή, οι λεκάνες έχουν διαστάσεις από λίγα m^2 μέχρι μισό στρέμμα. Σε συνεκτικά εδάφη, εφόσον η κλίση το επιτρέπει, οι λεκάνες μπορεί να ξεπεράσουν τα 2 στρέμματα. Τα αναχώματα διαχωρισμού των λεκανών είναι είτε προσωρινά είτε μόνιμα. Τα προσωρινά αναχώματα κατασκευάζονται για μια άρδευση ή, το πολύ, για μια αρδευτική περίοδο. Για την κατασκευή τους χρησιμοποιείται το διπλανό χώμα έτσι που σχηματίζονται μικρές τάφροι δανείων χωμάτων, με ανάλογη επίπτωση πάνω στην ομοιομορφία της αρδεύσεως.

Το πλάτος της βάσεως των αναχωμάτων είναι 0,5-1,0m και το ύψος τους 15-25cm πάνω από την επιφάνεια του εδάφους μέσα στη λεκάνη. Μόνιμα αναχώματα κατασκευάζονται σε περιπτώσεις πολυετών καλλιεργειών και για την κατασκευή τους παίρνεται χώμα από όλη την επιφάνεια της λεκάνης. Το ύψος τους είναι 15-25cm και η βάση τους 2,5-3,0m, με ομαλά πρηνή έτσι που να επιτρέπουν άνετη κίνηση των καλλιεργητικών μηχανημάτων πάνω σε αυτά. Για να είναι οικονομική η κατασκευή τους, τα αναχώματα πρέπει να χρησιμοποιηθούν επί τρία τουλάχιστον χρόνια. Οι λεκάνες διακρίνονται σε ορθογωνικές και λεκάνες κατά τις ισοϋψείς. Στις ορθογωνικές λεκάνες τα αναχώματα σχηματίζουν μεταξύ τους ορθές γωνίες. Σε διαπερατά εδάφη η πράξη επιβάλλει οι λεκάνες να είναι μικρές και να γεμίζουν γρήγορα με νερό. Αυτό σημαίνει πολύπλοκο και δαπανηρό σύστημα διανομής του νερού και συνεχή απασχόληση προσωπικού. Μεγάλες λεκάνες μπορούν να κατασκευαστούν όταν η επιφάνεια του αγρού είναι σχεδόν οριζόντια και το έδαφος είναι συνεκτικό. Μια διάταξη ορθογωνικών λεκανών φαίνεται στο σχήμα (2.11.8)1.



α. Ορθογωνικές λεκάνες



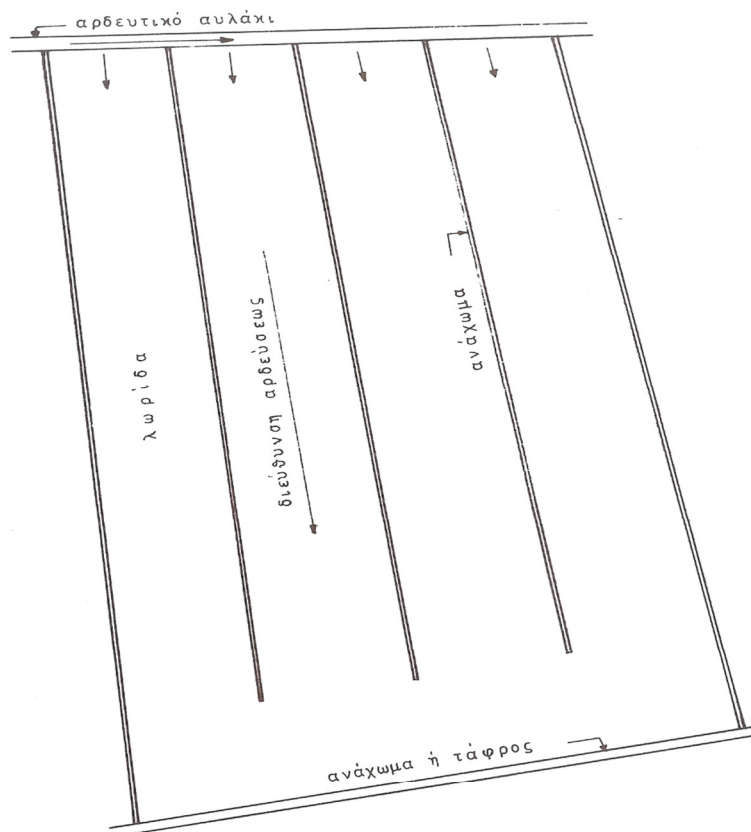
β. Λεκάνες κατά τις ισοϋψείς

ΣΧΗΜΑ (2.11.8)1
Διατάξεις αρδεύσεως με κατάκλυση.

Οι λεκάνες κατά τις ισοϋψείς σχηματίζονται με αναχώματα που ακλουθούν τις ισοϋψείς του εδάφους, σε απόσταση μεταξύ τους τέτοια που η υψομετρική διαφορά να μην υπερβαίνει τα 5-6 cm και χωρίζονται κατά διαστήματα με εγκάρσια αναχώματα ώστε να αποκτήσουν το κατάλληλο μέγεθος. Το κύριο πλεονέκτημα των λεκανών αυτών είναι ότι περιορίζουν στο ελάχιστο την ανάγκη ισοπεδώσεως.

2.11.9 ΑΡΔΕΥΣΗ ΜΕ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΗ ΔΙΑΧΥΣΗ

Στη μέθοδο της περιορισμένης διαχύσεως το χωράφι χωρίζεται σε λωρίδες με παράλληλα αναχώματα κατά τη φορά της μέγιστης κλίσης. Η εγκάρσια κλίση είναι συνήθως μηδενική. Το νερό παροχετεύεται στο πάνω άκρο των λωρίδων και κινείται μονοδιάστατα προς τα κάτω. Μια τυπική διάσταση της μεθόδου φαίνεται στο σχήμα (2.11.9)1.



ΣΧΗΜΑ (2.11.9)1
Διάταξη αρδύσεως με περιορισμένη διάχυση.

Τα αναχώματα που χωρίζουν τις λωρίδες κατασκευάζονται είτε προσωρινά είτε μόνιμα. Στην πρώτη περίπτωση το χωράφι χωρίζεται με πρόχειρα αναχώματα κατά την διεύθυνση της μέγιστης κλίσεως που κατασκευάζονται με χώματα από δανειστικές τάφρους και από τις δυο πλευρές τους. Επειδή κατά την άρδευση το νερό μπαίνει μέσα στις τάφρους αυτές και κινείται γρήγορα προς

τα κάτω, καταστρέφοντας την ομοιομορφία της αρδεύσεως, οι τάφροι πρέπει να διακόπτονται κατά διαστήματα ώστε το νερό να διασκορπίζεται σε όλη την λωρίδα. Τα προσωρινά αναχώματα έχουν στενή βάση από 0,5-0,8 m και ύψος 15cm περίπου.

Μόνιμα αναχώματα κατασκευάζονται σε χωράφια με πολυετές καλλιέργειες και κυρίως μηδική. Η διαμόρφωση τους πρέπει να είναι τέτοια ώστε να κρατάει το νερό μέσα στην λωρίδα, να επιτρέπει την άνετη κίνηση των καλλιεργητικών μηχανημάτων και παράλληλα να εξασφαλίζει την ύγρανση τους σε ικανοποιητικό βαθμό ώστε τα φυτά που αναπτύσσονται πάνω τους να αρδεύονται κανονικά. Τυπικά το πλάτος της βάσης των μόνιμων αναχωμάτων είναι 2,5-3,0 m και το ύψος τους 15-18 cm, κατασκευάζονται δε με δάνεια χώματα που παίρνονται από όλη την επιφάνεια του χωραφιού.

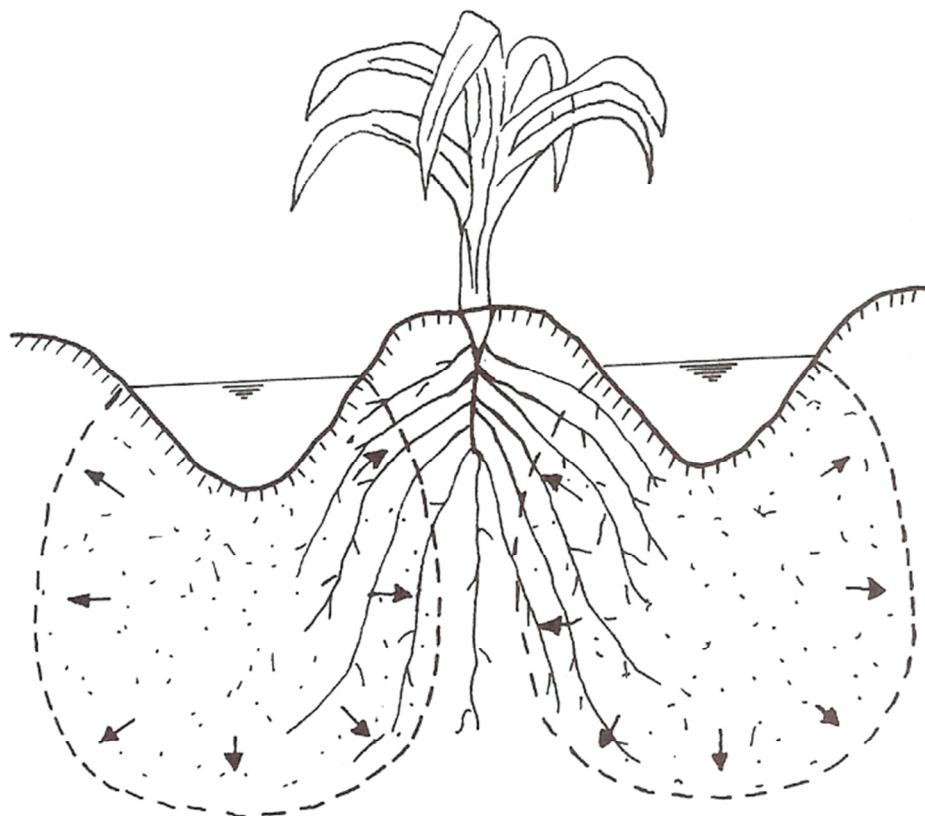
Η λωρίδα στο πάνω άκρο της, σε ένα μήκος 10m περίπου, πρέπει να κατασκευάζονται οριζόντια. Από κει και κάτω η κλίση, ανάλογα με την καλλιέργεια, μπορεί να κυμαίνεται από 0,15% μέχρι 4,0% και πρέπει απαραίτητα να είναι ομοιόμορφη. Ανομοιομορφία στην κλίση κατά μήκος της λωρίδας συνεπάγεται μεγάλη ανομοιομορφία στην κατανομή του νερού. Η ιδεώδης κατά μήκος κλίση για την άρδευση μηδικής είναι 0,2-0,3%. Η εγκάρσια κλίση των λωρίδων πρέπει να είναι μηδενική, όμως μια μικρή κατά πλάτος υψομετρική διαφορά 2-3 cm δεν δημιουργεί σοβαρά προβλήματα ανομοιομορφίας στην κατανομή του νερού. Εκείνο που προέχει λοιπόν σε αυτή την μέθοδο είναι ο καθορισμός του μήκους και του πλάτους των λωρίδων. Το μήκος είναι συνάρτηση της κλίσεως του εδάφους, της διηθητικότητας και της παροχής αρδεύσεως. Ο καλός συνδυασμός των παραγόντων αυτών συνεπάγεται καλή ομοιομορφία κατανομής του νερού. Το πλάτος των λωρίδων διαμορφώνεται ανάλογα με την εγκάρσια και κατά μήκος κλίση, την παροχή αρδεύσεως και την καλλιέργεια. Η μέγιστη εγκάρσια υψομετρική διαφορά στη λωρίδα δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 3 cm.

2.11.10 ΑΡΔΕΥΣΗ ΜΕ ΑΥΛΑΚΙΑ

Στη μέθοδο αυτή, που αποτελεί τον κύριο τρόπο αρδεύσεως των γραμμικών καλλιεργειών, το χωράφι διαμορφώνεται σε αυλάκια συνήθως με διεύθυνση προς τη μέγιστη κλίση, στο πάνω μέρος των οποίων παροχετεύεται το νερό με μικρή παροχή.

Με τον τρόπο αυτό μέρος μόνο της επιφάνειας του χωραφιού σκεπάζεται με νερό. Η διήθηση του νερού από τα αυλάκια είναι κατακόρυφη και πλευρική. Η πλευρική διήθηση είναι εξαιρετικά ενδιαφέρουσα γιατί, κυρίως με αυτή,

εφοδιάζονται με νερό τα φυτά που καλλιεργούνται στις ράχες μεταξύ των αυλάκων. Αυτή επίσης επηρεάζει την κατανομή των διαλυτών αλάτων και των λιπασμάτων που δεν δεσμεύονται από το έδαφος. Μια τυπική κατανομή της υγρασίας στο έδαφος κατά την άρδευση με αυλάκια φαίνεται στο Σχήμα (2.11.10) 1.



ΣΧΗΜΑ (2.11.10)1

Κατανομή υγρασίας στο έδαφος κατά την άρδευση με αυλάκια.

Η κατανομή της υγρασίας εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του εδάφους. Συνεκτικά ομοιόμορφα εδάφη παρουσιάζουν έντονη πλευρική κίνηση σε αντίθεση προς τα αντίστοιχα ελαφρά στα οποία η κίνηση αυτή είναι σχετικά περιορισμένη. Ανομοιόμορφα εδάφη ή εδάφη που έχουν υψηλή υπόγεια στάθμη παρουσιάζουν εντονότερη πλευρική κίνηση από τα ομοιόμορφα. Η παροχή που εφαρμόζεται στα αυλάκια είναι συνάρτηση των διαστάσεων και της διαβρωτικότητάς τους.

Γενικά, η διάβρωση του εδάφους κατά την άρδευση με αυλάκια είναι μεγαλύτερη απ' ό,τι με περιορισμένη διάχυση, γιατί στα αυλάκια το νερό βρίσκεται σε άμεση επαφή με το έδαφος ενώ στην περιορισμένη διάχυση η

επιφάνεια του προστατεύεται ήδη από τη καλλιέργεια. Ο βαθμός διαβρώσεως εξαρτάται από το έδαφος και την ταχύτητα κινήσεως του νερού. Τα αμμώδη εδάφη είναι πιο ευκολοδιάβρωτα από τα αργιλώδη. Η ταχύτητα του νερού είναι συνάρτηση της κλίσεως και της παροχής.

Η μέγιστη αντιδιαβρωτική παροχή που μπορεί να δεχτεί ένα αυλάκι επικράτησε να υπολογίζεται με την εμπειρική σχέση:

$$Q_m = \frac{0,63}{S} \quad (2.11.10)(1)$$

Όπου Q_m είναι η παροχή σε l/sec και S είναι η κλίση του αυλακιού. Οι μικρές σχετικά διαστάσεις των αυλάκων και η ανάγκη προστασίας του εδάφους από την διάβρωση επιβάλλουν συνήθως μικρή παροχή αρδεύσεως, που έχει σαν συνέπεια βραδεία προς τα κατάντη κίνηση του νερού. Μετά τη διακοπή της αρδεύσεως, λόγω των μικρών διαστάσεων το νερό που μένει στα αυλάκια είναι περιορισμένο και αποχωρεί πολύ γρήγορα. Εξ αιτίας των λόγων αυτών, άρδευση με σταθερή παροχή έχει σαν συνέπεια ανομοιόμορφη κατανομή του νερού ή και μεγάλη επιφανειακή απορροή, ανάλογα με την παροχή και την διάρκεια της αρδεύσεως. Ομοιομορφία κατανομής και περιορισμός της επιφανειακής απορροής μπορεί να επιτευχθεί αν εφαρμοστεί μεταβαλλόμενη παροχή. Στην αρχή εφαρμόζεται μεγάλη παροχή για να φτάσει το νερό όσο γίνεται γρηγορότερα στο τέρμα, που στη συνέχεια περιορίζεται έτσι που να καλύπτει μόνο τις ανάγκες διήθησεως από την αρχή μέχρι το τέλος του αυλακιού. Γενικά, ο χρόνος που χρειάζεται για την άρδευση μια συγκεκριμένης εκτάσεως ή για την εφαρμογή μιας ορισμένης ποσότητας νερού, είναι σημαντικά μεγαλύτερος κατά την άρδευση με αυλάκια παρά με περιορισμένη διάχυση ή κατάκλιση, γιατί στα αυλάκια η διήθηση του νερού στο έδαφος γίνεται από μέρος μόνο της επιφάνειας του ενώ στις άλλες δυο από ολόκληρη.

Ιδιαίτερα πρέπει να προσεχθεί η κατανομή των αλάτων όταν τα χωράφια αρδεύονται με αυλάκια. Λόγο του τρόπου με τον οποίο κινείται το νερό στο έδαφος, τα άλατα συγκεντρώνεται στο μεταξύ των αυλάκων έδαφος και κοντά στην επιφάνεια της ράχης. Διαδοχικές αρδεύσεις με τα ίδια αυλάκια έχουν σαν συνέπεια την αύξηση της αλατότητας στο μεταξύ τους διάστημα που μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στην καλλιέργεια σε περιοχές που η βροχόπτωση δεν επαρκεί για την έκπλυσή τους. Σε τέτοιες περιπτώσεις πρέπει να αλλάζει διαδοχικά η θέση των αυλάκων ή και να εφαρμόζεται προάρδευση με περιορισμένη διάχυση ή καταιονισμό.

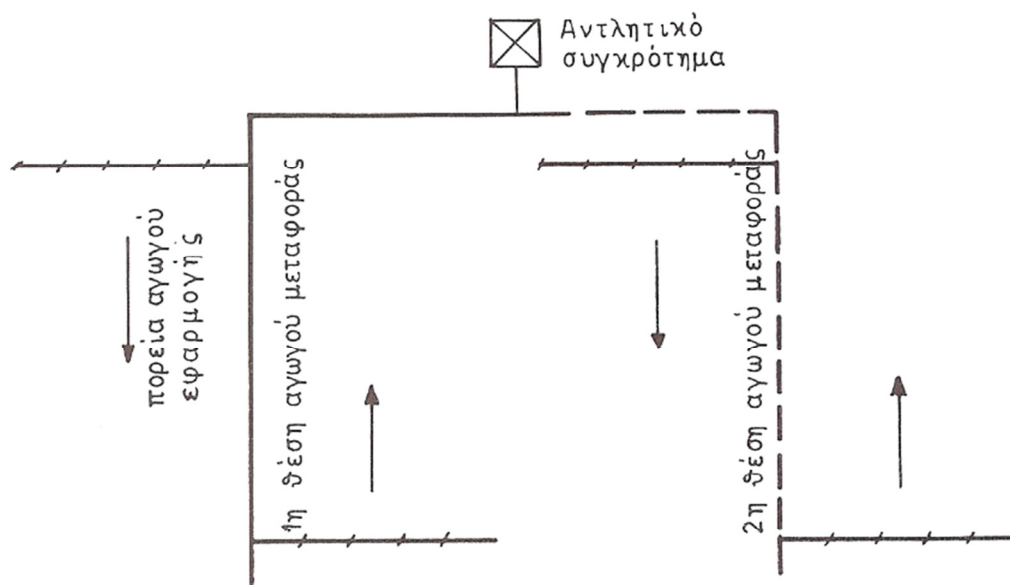
2.11.11 ΑΡΔΕΥΣΗ ΜΕ ΚΑΤΑΙΟΝΙΣΜΟ

Στον καταιονισμό το νερό εφαρμόζεται σε όλη την επιφάνεια του αγρού σαν τεχνητή απομίμηση της βροχής που διηθείται στο έδαφος κατακόρυφα και υπό ακόρεστες συνθήκες ροής. Αν το σύστημα σχεδιαστεί σωστά, η κατανομή του νερού πάνω στο χωράφι γίνεται ομοιόμορφα, χωρίς λίμνασμα και επιφανειακή απορροή. Ο καταιονισμός προσαρμόζεται για άρδευση σχεδόν όλων των εμπορεύσιμων καλλιεργειών, κάτω από μεγάλη ποικιλία εδαφικών συνθηκών. Ιδιαίτερα, η μέθοδος συνιστάται όταν η διαθέσιμη παροχή αρδεύσεως είναι σχετικά μικρή και όταν το έδαφος είναι πολύ διαπερατό, ανομοιόμορφο, αβαθές, με υψηλή υπόγεια στάθμη, με μεγάλη κλίση και ανώμαλη τοπογραφία.

Ένα ολοκληρωμένο σύστημα καταιονισμού αποτελείτε από το δίκτυο εφαρμογής, το δίκτυο μεταφοράς και το αντλητικό συγκρότημα. Προορισμός του δικτύου εφαρμογής είναι η κατά το δυνατό ομοιόμορφη κατανομή του νερού στο χωράφι με την βοήθεια των καταιονιστήρων. Οι καταιονιστήρες στέλνουν το νερό στον αέρα με την μορφή σταγόνων δια μέσου ακροφυσίων, τα οποία ρυθμίζουν την παροχή, την κατανομή, τη διάμετρο και το μέγεθος των σταγόνων. Καταιονιστήρες υπάρχουν διαφόρων τύπων. Σήμερα έχουν επικρατήσει οι λεγόμενοι καταιονιστήρες περιστροφικού τύπου και ιδιαίτερα αυτοί που είναι βραδείας περιστροφής. Κατασκευάζονται σε πολλά μεγέθη και είδη και λειτουργούν κάτω από ένα εύρος πιέσεων που αρχίζει από 0,4 atm και φτάνει μέχρι τις 7 atm. Οι καταιονιστήρες τοποθετούνται πάνω από την επιφάνεια του εδάφους, σε ύψος που διαμορφώνεται ανάλογα με το αντίστοιχο ύψος της καλλιέργειας, με τη βοήθεια σωλήνων ανυψώσεως. Το μήκος των σωλήνων αυτών ποικίλει κατά περίπτωση από 0,1 – 2,5m. Η συναρμολόγηση των σωλήνων του δικτύου εφαρμογής, και σε ορισμένες περιπτώσεις των σωλήνων του δικτύου μεταφοράς, γίνεται με τη βοήθεια ταχυσυνδέσμων. Οι ταχυσύνδεσμοι πρέπει να είναι κατασκευασμένοι έτσι που να εξασφαλίζουν γρήγορη σύνδεση των αγωγών, να είναι αρκετά ελαστικοί ώστε να επιτρέπουν την προσαρμογή των αγωγών στις συνηθισμένες ανωμαλίες του χωραφιού και να εξασφαλίζουν επαρκή στεγανότητα. Πέρα από τα παραπάνω, στα δίκτυα χρησιμοποιείται και πλήθος άλλων εξαρτημάτων όπως βαλβίδες, διακόπτες, ρυθμιστές πίεσεως, μετρητές παροχής, γωνίες, που είναι απαραίτητα για την σωστή λειτουργία τους. Προορισμός του δικτύου μεταφοράς είναι να μεταφέρει το νερό που χρειάζεται με την απαιτούμενη πίεση από την αντλία στις υδροληψίες των αγωγών εφαρμογής. Οι αγωγοί μεταφοράς είναι κατασκευασμένοι από χάλυβα, αλουμίνιο ή πλαστικό.

Η παροχή που χρειάζεται όλο το δίκτυο και η ανάλογη πίεση εξασφαλίζεται από το αντλητικό συγκρότημα.

Οι αντλίες που χρησιμοποιούνται είναι, ανάλογα με την περίπτωση, φυγοκεντρικές ή βαθέων υδάτων (πομόνες) και εξασφαλίζουν την κίνηση τους με κινητήρες εσωτερικής καύσεως ή ηλεκτροκινητήρες. Ανάλογα με τον τρόπο εγκατάστασής και λειτουργίας, τα συστήματα καταιονισμού διακρίνονται σε μόνιμα, ημιμόνιμα και μεταφερόμενα. Στα μόνιμα συστήματα οι αγωγοί εφαρμογής και μεταφοράς τοποθετούνται σε μόνιμες θέσεις και είναι κατά κανόνα υπόγειοι. Επίσης σταθερή είναι η θέση των καταιονιστήρων. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούνται για άρδευση καλλιεργειών μεγάλης αξίας και χορτοταπήτων, γιατί η δαπάνη εγκατάστασής είναι μεγάλη. Στα ημιμόνιμα οι αγωγοί εφαρμογής είναι μεταφερόμενοι ενώ οι αγωγοί μεταφοράς είναι μόνιμοι και συνήθως, υπόγειοι. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούνται συνήθως για άρδευση οπωρώνων. Στα μεταφερόμενα συστήματα όλα τα τμήματα είναι κινητά, μπορεί δε να μεταφέρονται από χωράφι σε χωράφι και από θέση σε θέση μέσα στο ίδιο χωράφι. Τα συστήματα αυτά είναι πολύ διαδεδομένα και χρησιμοποιούνται για άρδευση πολλών ετήσιων καλλιεργειών και της μηδικής. Μια διάταξη μεταφερόμενου συστήματος δίνεται στο σχήμα (2.11.11)1.



ΣΧΗΜΑ (2.11.11)1

Μεταφερόμενο σύστημα καταιονισμού.

Η σωστή διαδικασία σχεδιασμού ενός συστήματος καταιονισμού πρέπει να περιλαμβάνει τα ακόλουθα στάδια :

- Προκαταρτική συλλογή στοιχείων που αφορούν τους τύπους των εδαφών, την τοπογραφία, τις καλλιέργειες και το πρόγραμμα των γεωργικών εργασιών, την πηγή του νερού και την πηγή ενέργειας.
- Υπολογισμό του καθαρού και του ολικού βάθους αρδεύσεως.
- Κατάστρωση του προγράμματος αρδεύσεων.
- Υπολογισμό της απαιτούμενης παροχής του συστήματος και επιλογή του βέλτιστου ρυθμού εφαρμογής του νερού.
- Επιλογή του κατάλληλου τύπου καταιονηστήρα, της παροχής, της πίεσεως και της διατάξεως αρδεύσεως για την επίτευξη του βέλτιστου ρυθμού εφαρμογής.
- Υπολογισμό του ρυθμού των καταιονιστήρων που θα λειτουργούν ταυτόχρονα μέσα στα πλαίσια της δυναμικότητας του συστήματος.
- Καθορισμό της θέσεως των αγωγών μεταφοράς και εφαρμογής.
- Υπολογισμό των διαμέτρων των αγωγών και της απαιτούμενης πίεσεως για την σωστή λειτουργία τους.
- Επιλογή της αντλίας του κινητήρα που προσαρμόζεται καλύτερα στις υφιστάμενες συνθήκες.

Η παροχή που απαιτείται για τη σωστή λειτουργία του συστήματος είναι συνάρτηση της αρδευόμενης έκτασης, του βάθους αρδεύσεως και του χρόνου λειτουργίας που απαιτείται για την εφαρμογή του βάθους αυτού. Η παροχή του συστήματος (Q) υπολογίζεται με την σχέση :

$$Q = \frac{Ad}{3,16IH} \quad (2.11.11)(1)$$

Όπου Q είναι σε l/sec, A είναι η αρδευόμενη έκταση σε στρέμματα, d είναι το βάθος αρδεύσεως (δηλαδή το νερό που πρέπει να εφαρμόζεται με κάθε άρδευση) σε mm, I είναι ο αριθμός των ημερών που προβλέπονται για μια πλήρη άρδευση της εκτάσεως (εύρος αρδεύσεως) και H είναι οι ώρες ημερήσιας λειτουργίας του συστήματος.

Ο ρυθμός εφαρμογής του νερού στο χωράφι εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του εδάφους, όπως αυτά αντιπροσωπεύονται από την διηθητικότητα. Κύριο πλεονέκτημα του καταιονισμού είναι ο μηδενισμός της επιφανειακής απορροής και η εξασφάλιση συνθηκών ακόρεστης ροής του νερού στο έδαφος.

Αυτό σημαίνει ότι η επιφάνεια του εδάφους δεν πρέπει να λιμνάζει με νερό, δηλαδή ο ρυθμός εφαρμογής πρέπει να είναι πάντοτε μικρότερος από την διηθητικότητα του εδάφους που αντιστοιχεί σε χρόνο ίσο με την διάρκεια της

αρδεύσεως. Η ομοιομορφία κατανομής του νερού στο χωράφι είναι συνάρτηση των χαρακτηριστικών των καταιονιστήρων και της διατάξεώς τους, δηλαδή της μεταξύ τους αποστάσεως πάνω στους αγωγούς εφαρμογής και της αποστάσεως πάνω στους αγωγούς εφαρμογής και της αποστάσεως των αγωγών αυτών μεταξύ τους.

Επίσης σημαντικός παράγοντας στην παραμόρφωση της κατανομής του νερού στο έδαφος παίζει ο άνεμος. Δηλαδή όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα του τόσο μεγαλύτερη είναι η παραμόρφωση που προκαλεί.

Η χάραξη ενός δικτύου καταιονισμού είναι αρκετά απλή όταν η προς άρδευση έκταση είναι σχετικά μικρή, με ορθογώνιο σχήμα και ομαλή τοπογραφία. Αντίθετα, μεγάλες με ακανόνιστο σχήμα εκτάσεις και ανώμαλη τοπογραφία, παρουσιάζουν πολύπλοκα προβλήματα που απαιτούν εναλλακτικές λύσεις και προσεκτική επιλογή των διαμέτρων των αγωγών. Μια καλή χάραξη πρέπει να εξασφαλίζει την ταυτόχρονη λειτουργία του αριθμού εκείνου των καταιονιστήρων που χρησιμοποιούν το σύνολο της παροχής.

Ο αριθμός αυτός υπολογίζεται με τη σχέση :
$$N = \frac{Q}{q} \quad (2.11.11)(2)$$

Όπου Q είναι η παροχή του συστήματος που δίνει η σχέση (2.11.11)1 και q είναι η παροχή του καταιονιστήρα που δίνει η σχέση :

$$q = \frac{S * Sm * J}{3600} \text{ l / sec} \quad \text{ή} \quad q = \frac{Sl * Sm * J}{1000} \text{ m}^3 / \text{hr} \quad (2.11.11)(3)$$

Όπου Sl και Sm είναι η απόσταση μεταξύ των καταιονιστήρων που βρίσκονται επί των αγωγών εφαρμογής και μετριοούνται σε m. J είναι ο ρυθμός εφαρμογής (η ένταση του καταιονισμού) σε mm/hr. Στην πράξη, η επιλογή της διατομής του ακροφυσίου, της λειτουργικής πίεσεως και των αποστάσεων μεταξύ των καταιονιστήρων γίνεται με την βοήθεια του πίνακα (2.11.11)1 ή παρόμοιων που δίνονται από τους κατασκευαστές.

Οι αγωγοί μεταφοράς ποικίλουν από μικρού μήκους μεταφερόμενους για άρδευση περιορισμένων εκτάσεων, μέχρι πολύπλοκα δίκτυα υπόγειων αγωγών για άρδευση μεγάλων εκτάσεων. Προορισμός του δικτύου μεταφοράς είναι να προμηθευτεί την απαιτούμενη ποσότητα νερού σε όλα τα σημεία της αρδευόμενης εκτάσεως με την απαιτούμενη πίεση για την κανονική λειτουργία των αγωγών εφαρμογής κατά την περίοδο αιχμής ζήτησεως νερού από τις καλλιέργειες.

Κύριο μέλημα κατά την σχεδίαση του συστήματος των αγωγών μεταφοράς είναι να κρατηθούν χαμηλά οι απώλειες του φορτίου. Αν το φορτίο για την

λειτουργία του συστήματος παρέχεται από αντλία, οι διάμετροι των αγωγών πρέπει να επιλέγονται με τρόπο που να έχει σαν αποτέλεσμα την εξισορρόπηση μεταξύ αρχικής δαπάνης εγκαταστάσεως και των εξόδων αντλήσεως. Η διαδικασία που ακολουθείται είναι να παίρνονται διάφορα ύψη απωλειών με βάση τα οποία υπολογίζονται οι διαμέτροι των αγωγών.

Το κόστος εγκαταστάσεως που συνεπάγονται οι διάμετροι αυτές συγκρίνεται με το αντίστοιχο κόστος αντλήσεως και επιλέγεται ο πιο οικονομικός συνδυασμός.

ΠΙΝΑΚΑΣ (2.11.10)1

Λειτουργικά χαρακτηριστικά περιστροφικών καταιονιστήρων μέσης πίεσεως

Ακροφύσιο, mm	Πίεση, Kg/cm ²	Παροχή		Ακτίνα εκτοξεύσεως, m
		m ³ /hr	l/sec	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
4,5	2,0	1,0	0,28	13,5
	2,5	1,2	0,33	14,0
	3,0	1,3	0,36	14,5
5,0	2,0	1,3	0,36	13,5
	2,5	1,5	0,42	14,5
	3,0	1,6	0,44	15,0
6,0	2,0	1,9	0,53	14,5
	2,5	2,2	0,61	16,5
	3,0	2,8	0,78	16,5
4,5/4,8	2,0	2,3	0,64	14,0
	2,5	2,6	0,72	15,0
	3,0	2,8	0,78	15,5
5,0/5,5	2,0	3,3	0,92	16,0
	2,5	3,6	1,00	16,5
	3,0	3,9	1,08	16,5
5,0/7,5	3,0	5,3	1,47	19,0
	3,5	5,8	1,61	19,5
	4,0	6,2	1,72	20,0
6,0/7,5	3,0	6,1	1,69	17,5
	3,5	6,6	1,83	18,5
	4,0	7,0	1,94	19,0

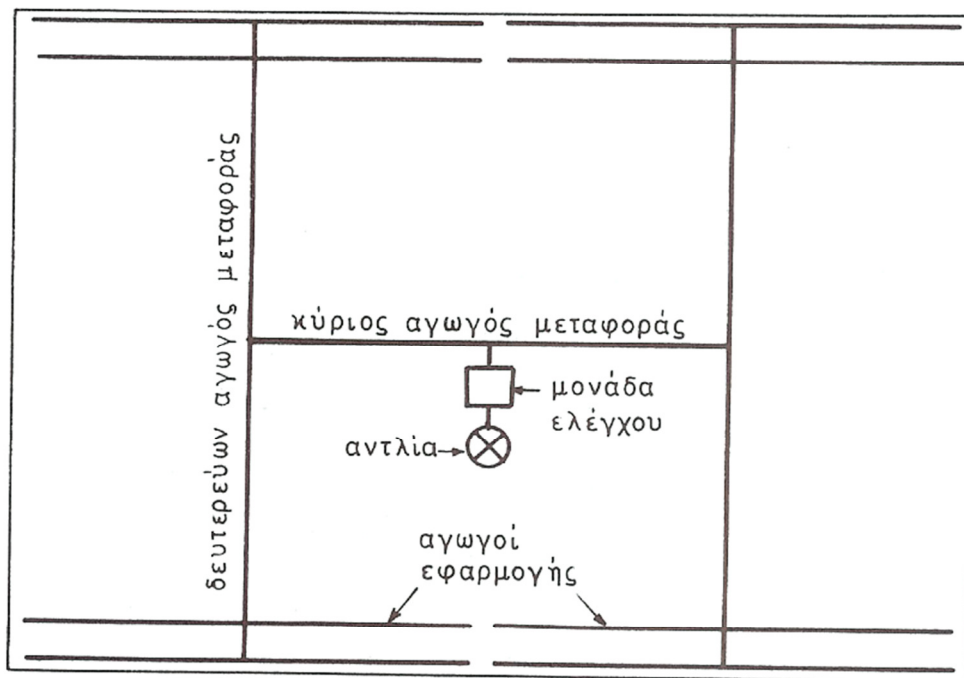
2.11.12 ΑΡΔΕΥΣΗ ΜΕ ΣΤΑΓΟΝΕΣ

Η άρδευση με σταγόνες ή στάγδην άρδευση είναι ένας τρόπος αρδύσεως κατά τον οποίο νερό εφαρμόζεται στο έδαφος σε μικρές ποσότητες με την μορφή σταγόνων, έτσι που κάθε φυτό χωριστά να εφοδιάζεται με την απαραίτητη για την κανονική του ανάπτυξη και απόδοση υγρασία. Η μέθοδος αναπτύχθηκε τα τελευταία χρόνια, είναι πολύ αποτελεσματική όταν εφαρμόζεται σωστά και προσφέρεται κατεξοχήν για αυτοματισμούς με αντίστοιχη οικονομία σε εργατικά χέρια. Ιδιαίτερα, η μέθοδος προσφέρεται για περιπτώσεις που η διαθέσιμη παροχή αρδύσεως είναι πολύ μικρή, με αποτέλεσμα να μην μπορούν να εφαρμοστούν οι άλλες μέθοδοι αρδύσεως. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα είναι ότι, πέρα από το γεγονός ότι αξιοποιεί μικρές παροχές νερού, μπορεί να εφαρμοστεί σε περιοχές με εξαιρετικά ανώμαλη τοπογραφία χωρίς την ανάγκη ισοπεδώσεων. Ένα ολοκληρωμένο σύστημα στάγδην άρδευσης αποτελείται από δίκτυα μεταφοράς και εφαρμογής και τη μονάδα ελέγχου. Το δίκτυο μεταφοράς αποτελείται από κύριους και δευτερεύοντες αγωγούς που σκοπό έχουν να μεταφέρουν το νερό που χρειάζεται με την απαιτούμενη πίεση στις υδροληψίες των αγωγών εφαρμογής. Οι σωλήνες του δικτύου μεταφοράς είναι συνήθως από άκαμπτο PVC και τοποθετούνται υπόγεια, τόσο για την προστασία τους όσο και για την διευκόλυνση της κυκλοφορίας στο χωράφι των καλλιεργητικών μηχανημάτων. Το δίκτυο εφαρμογής αποτελείται από εύκαμπτους σωλήνες πολυαιθυλενίου με συνηθισμένη διάμετρο 12 – 16 mm, που σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να φτάσει και 32 mm, πάνω στους οποίους, σε προκαθορισμένες θέσεις, τοποθετούνται οι σταλακτήρες μέσω των οποίων το νερό φτάνει στο έδαφος με τη μορφή σταγόνων.

Η μονάδα ελέγχου τοποθετείται στην αρχή του δικτύου, αμέσως μετά το αντλητικό συγκρότημα ή την κύρια υδροληψία, αν το δίκτυο λειτουργεί με βαρύτητα, και περιλαμβάνει μετρητή ροής, φίλτρα, ρυθμιστές πίεσεως και συσκευές εφαρμογής λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων για την καταπολέμηση ασθενειών και εντόμων που αναπτύσσονται στο έδαφος. Κύριο στοιχείο της μονάδας ελέγχου αποτελούν τα φίλτρα γιατί, το νερό που παροχετεύεται στο δίκτυο, πρέπει να είναι απαλλαγμένο από φερτά υλικά, ακόμη και πολύ μικρών διαστάσεων, για να μην αποφράζονται οι σταλακτήρες. Τα φίλτρα κάνουν μηχανικό και όχι χημικό ή άλλου είδους καθαρισμό του νερού. Στο σχήμα (2.11.12)1 δίνονται δυο τυπικές διατάξεις δικτύων.



Διάταξη δικτύου όταν η πηγή του νερού είναι στο άκρο της αρδευόμενης εκτάσεως



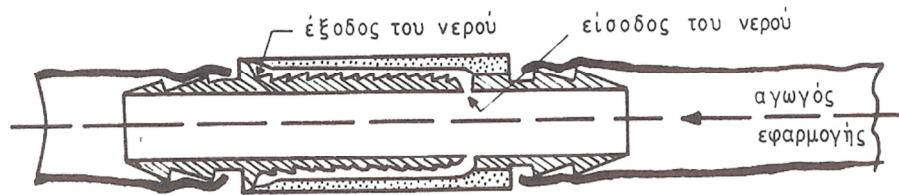
Διάταξη δικτύου όταν η πηγή του νερού είναι στο μέσο της αρδευόμενης εκτάσεως

ΣΧΗΜΑ(2.11 .12)1

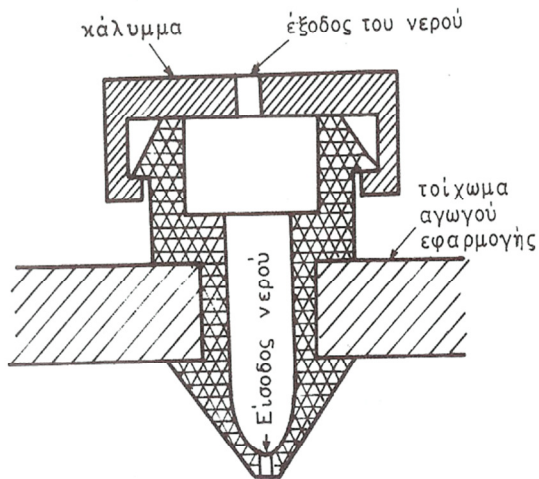
Διατάξεις δικτύων αρδύσεως με σταγόνες.

Οι σταλακτίδες αποτελούν το βασικό στοιχείο ενός συστήματος στάγδην αρδεύσεως. Το νερό εμφανίζεται στην έξοδο των σταλακτίδων με την μορφή σταγόνων κατά τακτά χρονικά διαστήματα, έτσι ώστε σε κάθε θέση να διηθούνται στο έδαφος λίγα λίτρα την ώρα. Για να μπορεί να εκπληρώσει σωστά την αποστολή του ένας σταλακτίδας πρέπει να εξασφαλίζει μικρή και ομοιόμορφη παροχή που να μην επηρεάζεται από περιορισμένες μεταβολές της πίεσεως στον αγωγό εφαρμογής, να έχει σχετικά μεγάλη διατομή ροής ώστε να μην αποφράζεται εύκολα, να είναι κατασκευασμένος από υλικό που να μην επηρεάζεται σημαντικά και να μην παθαίνει μόνιμες αλλοιώσεις από τις έντονες μεταβολές της θερμοκρασίας κατά την έκθεση του στο χωράφι, να είναι εύχρηστος και να έχει μικρό κόστος. Με βάση τα παραπάνω κριτήρια έχει σχεδιαστεί μια μεγάλη ποικιλία σταλακτίδων που, ανάλογα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους, διακρίνονται σε ορισμένες κατηγορίες. Έτσι ανάλογα με το είδος ροής του νερού, διακρίνονται σε σταλακτίδες με στρωτή ροή, με μερικά στροβιλώδη ροή και με στροβιλώδη ροή. Ανάλογα με τον τόπο αποσβέσεως ή στραγγαλισμού της πίεσεως, διακρίνονται σε σταλακτίδες με μακρύ διάδρομο ροής και επιστόμιο ή οπή. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν και οι αυτορυθμιζόμενοι που διατηρούν σταθερό φορτίο και παροχή με κάποιο μηχανισμό αυτόματης ρυθμίσεως. Ανάλογα με την ικανότητα αυτοκαθαρισμού τους διακρίνονται σε αυτοκαθαριζόμενους και μη αυτοκαθαριζόμενους. Οι αυτορυθμιζόμενοι σταλακτίδες είναι κατά κανόνα και αυτοκαθαριζόμενοι. Διάφοροι τύποι σταλακτίδων δίνονται στο σχήμα (2.11.12)2.

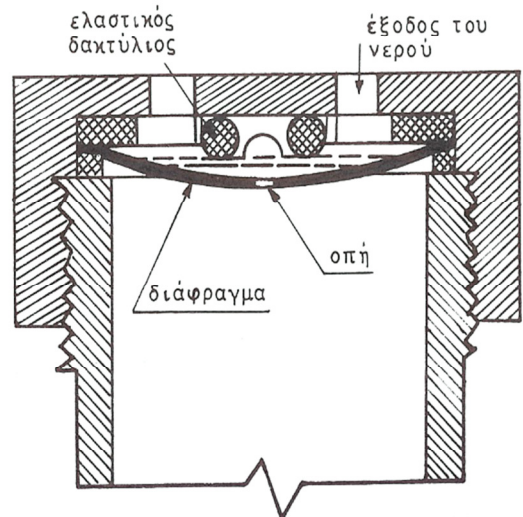
Η σύνδεση των σταλακτίδων με τον αγωγό εφαρμογής γίνεται εν σειρά ή επί της γραμμής. Στην εν σειρά σύνδεση, ο σταλακτίδας αποτελεί το συνδυασμό μεταξύ δυο τμημάτων του αγωγού εφαρμογής. Στην περίπτωση αυτή ο αγωγός εφαρμογής δεν είναι συνεχής αλλά αποτελείται από τμήματα ίσα με την προκαθορισμένη απόσταση μεταξύ δυο διαδοχικών σταλακτίδων. Στη σύνδεση επί της γραμμής, οι σταλακτίδες τοποθετούνται στη θέση τους με διάτρηση του τοιχώματος του αγωγού εφαρμογής που είναι συνεχής. Τέτοιες συνδέσεις εφαρμόζονται με σταλακτίδες με επιστόμιο ή οπή, αυτορυθμιζόμενους και ορισμένους τύπους με μακρύ διάδρομο ροής. Οι δυο αυτοί τρόποι συνδέσεως φαίνονται επίσης στο σχήμα (2.11.12)2.



Σταλακτήρας με μακρύ διάδρομο ροής. Σύνδεση εν σειρά



Σταλακτήρας με επιστόμιο. Σύνδεση επί της γραμμής



Αυτορυθμιζόμενος, αυτοκαθαριζόμενος σταλακτήρας με διάφραγμα.

ΣΧΗΜΑ(2.11.12)2

Τύποι και τρόποι τοποθέτησως σταλακτῆρων στους αγωγούς εφαρμογής

Προϋπόθεση για τη σωστή σχεδίαση συστημάτων στάγδην άρδευσης αποτελεί η σαφής γνώση της κατανομής της υγρασίας στο έδαφος μετά την έξοδο του νερού από το σταλάκτη. Ο Παπαζαφειρίου (1980), αναλύοντας πειραματικά δεδομένα, σύνταξε πίνακες που δίνουν την διάμετρο και την επιφάνεια διαβροχής του εδάφους σαν συνάρτηση της παροχής του σταλακτῆρα και της βασικής διηθητικότητας του εδάφους. Τα στοιχεία των πινάκων αυτών συνοψίζονται στον πίνακα (2.11.12)1. Προχωρώντας την ανάλυση παραπέρα, βρέθηκε ότι επιφάνεια διαβροχής και διάμετρος είναι ανάλογες προς την παροχή και αντίστροφα ανάλογες προς την βασική διηθητικότητα, εκφράζονται δε από συγκεκριμένες σχέσεις:

$$A = i^{-1}q \Rightarrow D = \left[\frac{4q}{\pi I} \right]^{1/2} \quad (2.11.12)(1)$$

Όπου A είναι η επιφάνεια διαβροχής του εδάφους σε m^2 , D είναι η διάμετρος διαβροχής σε m, i είναι η βασική διηθητικότητα σε mm/hr και q είναι η παροχή του σταλακτῆρα σε l/hr.

ΠΙΝΑΚΑΣ (2.11.12)1

Επιφάνειες διαβροχής (A) σε m² και διάμετροι (D) σε m, σε σχέση με την παροχή του σταλακτήρα (q) και τη βασική διηθητικότητα του εδάφους (i) [Παπαζαφειρίου, 1980].

Βασική διηθητικότητα, mm/hr	Παροχή σταλακτήρα, l/hr					
	0.5	1.0	2.0	4.0	8.0	12.0
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Επιφάνεια διαβροχής (A)						
2,0	0,238	0,442	0,950	1,887	3,801	5,726
4,0	0,126	0,238	0,503	1,039	2,011	2,986
5,0	0,096	0,196	0,407	0,785	1,606	2,405
6,0	0,080	0,159	0,332	0,664	1,327	2,011
7,0	0,066	0,139	0,283	0,554	1,131	1,697
8,0	0,057	0,119	0,246	0,503	1,003	1,530
10,0	0,049	0,108	0,196	0,407	0,785	1,227
Διάμετρος διαβροχής (D)						
2,0	0,55	0,75	1,10	1,55	2,20	2,70
4,0	0,40	0,55	0,80	1,15	1,60	1,95
5,0	0,35	0,50	0,72	1,00	1,43	1,75
6,0	0,32	0,45	0,65	0,92	1,30	1,60
7,0	0,29	0,42	0,60	0,84	1,20	1,47
8,0	0,27	0,39	0,56	0,80	1,13	1,39
10,0	0,25	0,37	0,50	0,73	1,00	1,25

Το δίκτυο εφαρμογής αποτελείται από σωλήνες που φέρουν τους σταλακτήρες, τοποθετούνται επιφανειακά στο χωράφι, είναι κατασκευασμένοι από εύκαμπτο πολυαιθυλένιο, έχουν συνηθισμένη διάμετρο 12 – 16 mm που σε ακραίες περιπτώσεις μπορεί να φτάσει τα 32 mm και έχουν αντοχή 4 – 6 atm. Η παροχή τους είναι συνάρτηση του αριθμού και της παροχής των σταλακτάρων που φέρουν, δηλαδή :

$$Q = \frac{nq}{3600} \quad (2.11.12)(2)$$

Όπου Q είναι σε l/sec και q είναι σε l/hr. Το μήκος των αγωγών σε m (L) είναι το γινόμενο του αριθμού των σταλακτάρων που φέρουν (n) και της μεταξύ του αποστάσεως (Se) σε m, και εκφράζεται από την σχέση :

$$L = n * Se \quad (2.11.12)(3)$$

Η διάμετρος των αγωγών επιλέγεται έτσι που η διαφορά παροχής μεταξύ δυο οποιονδήποτε σταλακτήρων πάνω στον αγωγό να μην υπερβαίνει το 10% της κανονικής.

Οι γραμμικές απώλειες των αγωγών εφαρμογής και μεταφοράς επικράτησαν να υπολογίζονται με τη σχέση των Hazen-Williams :

$$H_f = 100 \frac{\Delta H}{L} = 1.21 * 10^{12} \left[\frac{Q}{C} \right]^{1.852} D^{-4.87} \quad (2.11.12)(4)$$

Όπου H_f είναι οι γραμμικές απώλειες σε m/100m, ΔH είναι η απώλεια φορτίου σε m σε όλο το μήκος του αγωγού, L είναι το συνολικό μήκος του αγωγού σε m, Q είναι η παροχή σε l/sec, D είναι η εσωτερική διάμετρος του αγωγού σε mm και C είναι ο συντελεστής τριβής του αγωγού που για πλαστικούς σωλήνες έχει συνήθως τιμή ίση με 150. Η σχέση (2.11.12)4 δίνει τις γραμμικές απώλειες για αγωγό που είναι συνεχής και έχει σταθερή παροχή. Οι απώλειες αυτές μπορούν επίσης να βρεθούν και από πίνακες ή διαγράμματα που προμηθεύουν οι κατασκευαστές των σωλήνων.

Το δίκτυο μεταφοράς ενός συστήματος στάγδην αρδεύσεως τροφοδοτεί με τους κύριους αγωγούς νερό στους αντίστοιχους δευτερεύοντες που, με τη σειρά τους, εξασφαλίζουν το απαιτούμενο νερό και φορτίο στην υδροληψία κάθε αγωγού εφαρμογής που τροφοδοτούν. Οι αγωγοί μεταφοράς τοποθετούνται υπόγεια για να μην αποτελούν εμπόδιο στην κίνηση των καλλιεργητικών μηχανημάτων και είναι συνήθως πλαστικοί από PVC ή πολυαιθυλένιο. Σε χωράφια με κλίση, οι δευτερεύοντες αγωγοί πρέπει να τοποθετούνται κάθετα προς τις ισοϋψείς, επιτρέποντας έτσι στους αγωγούς εφαρμογής να τοποθετούνται προς τη φορά της ελάχιστης κλίσεως. Σε μια τέτοια περίπτωση ο κύριος αγωγός πρέπει να τέμνει τους δευτερεύοντες με τρόπο που οι απώλειες φορτίου να είναι περίπου ίδιες στα δυο τμήματα, γεγονός που οδηγεί τα ανάντη τμήματα των δευτερευόντων αγωγών να έχουν σημαντικά μικρότερο μήκος από τα κατάντη. Ο υπολογισμός και η επιλογή των οικονομικότερων διαμέτρων των κύριων αγωγών μεταφοράς γίνεται με διαδικασίες ανάλογες προς αυτές που αναλύθηκαν στους αντίστοιχους αγωγούς των συστημάτων καταιονισμού, οι δε απώλειες φορτίου υπολογίζονται με τη σχέση (2.11.12)4. Οι δευτερεύοντες αγωγοί μπορεί να χαρακτηριστούν λειτουργικά σαν ανάλογοι προς τους αγωγούς, όπου τη θέση των σταλακτήρων παίρνουν οι υδροληψίες των αγωγών εφαρμογής.

Η παροχή των δευτερευόντων αγωγών (Q_m) υπολογίζεται με τη σχέση :

$$Q_m = N * Q \quad (2.11.12)(5)$$

Όπου Q_m είναι σε I/sec, N είναι ο αριθμός των αγωγών εφαρμογής και Q είναι η παροχή τους σε I/sec. Το μήκος του (L) σε m βρίσκεται από τη σχέση :

$$L = N * S_i \quad (2.11.12)(6)$$

Όπου S_i είναι η απόσταση μεταξύ των αγωγών εφαρμογής σε m.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΕΞΥΠΝΟΙ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΕΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ



3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα συνδεδεμένα μέρη των αρδευτικών δικτύων αποτελούνται από σωληνώσεις, εξαρτήματα συνδεσμολογίας, εκτοξευτήρες, σταλάκτες, φίλτρα νερού, συστήματα προστασίας, βάνες, καλωδιώσεις, αντλίες-πιεστικά και προγραμματιστές αρδεύσεων. Αν οι ηλεκτροβαλβίδες θεωρήσουμε ότι είναι η «καρδιά» ενός δικτύου άρδευσης τότε ο προγραμματιστής είναι ο «εγκέφαλος» του.

Οι προγραμματιστές χρησιμοποιούνται στα πλήρως αυτοματοποιημένα αρδευτικά δίκτυα. Ρυθμίζουν την έναρξη και τη διακοπή της λειτουργίας των ηλεκτροβαλβίδων σε σύστημα διαδοχικής λειτουργίας συνήθως. Ο προγραμματιστής, εφαρμόζοντας ένα πρόγραμμα άρδευσης, στέλνει ηλεκτρικές εντολές στις ηλεκτροβαλβίδες κάθε κυκλώματος (ζώνες).

Όταν μια ηλεκτροβαλβίδα λάβει το σήμα, ανοίγει αργά και επιτρέπει στο νερό να κινηθεί προς τους σωλήνες του συγκεκριμένου κυκλώματος (ζώνης) και τους εκτοξευτήρες. Όταν ο χρόνος άρδευσης για το συγκεκριμένο κύκλωμα εκπνεύσει, ο προγραμματιστής διακόπτει την ηλεκτρική εντολή και η ηλεκτροβαλβίδα κλίνει αργά. Όταν καταστρώνουμε ένα αρδευτικό σχέδιο, πρώτα επιλέγουμε τους εκτοξευτήρες, μετά καθορίζουμε τις ζώνες άρδευσης και τέλος επιλέγουμε τον προγραμματιστή σύμφωνα με τις δυνατότητες προγραμματισμού που ταιριάζουν τόσο στις συνθήκες του έργου, όσο και στη τεχνική υποδομή των χρηστών.

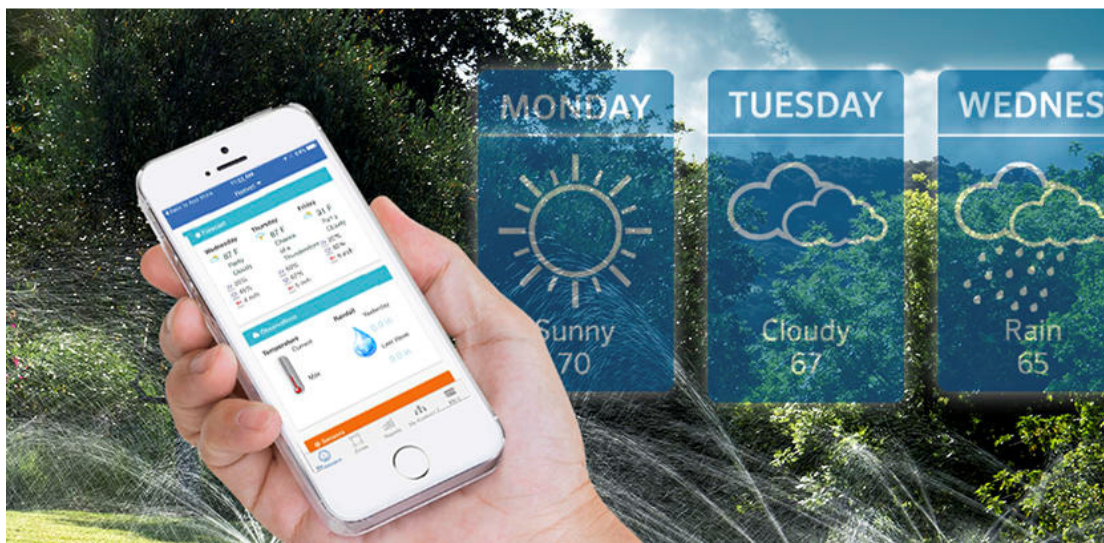
Πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι υπάρχει πιθανότητα βλάβης στα συστήματα αυτόματης άρδευσης, ανεξαρτήτως ποιότητας ή κόστους. Σε περίπτωση βλάβης υπάρχουν τρεις περιπτώσεις:

1. Το αυτόματο σύστημα άρδευσης θα παραμείνει κλειστό με αποτέλεσμα την καταστροφή της καλλιέργειας ή του κήπου λόγω έλλειψης νερού.
2. Το αυτόματο σύστημα άρδευσης θα παραμείνει ανοικτό και θα εφαρμοστεί υπερβολική ποσότητα νερού με αποτέλεσμα ζημιές και υπερβολικό κόστος νερού.
3. Διαρροή από σπάσιμο του κεντρικού αγωγού ή του αγωγού εφαρμογής από καταπόνηση του δικτύου λόγω υπερβολικής πίεσης ή λόγω παγετού ή εξαιτίας λάθους χειρισμού αγροτικού μηχανήματος.

3.2 ΤΥΠΟΙ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΩΝ

Υπάρχουν βασικά δυο τύποι προγραμματιστών: οι ηλεκτρικοί και οι υδραυλικοί. Όλοι οι προγραμματιστές απαιτούν ηλεκτρισμό για να λειτουργήσουν. Η διαφορά μεταξύ του ηλεκτρικού και του υδραυλικού προγραμματιστή έγκειται στον τύπο του σήματος που στέλνουν οι βαλβίδες. Οι υδραυλικοί προγραμματιστές συνδέονται με τις υδραυλικές βαλβίδες του δικτύου μέσω μικρών σωληνώσεων, από τις οποίες διέρχεται νερό (η χρήση τους στη χώρα μας πρακτικά δεν υφίσταται). Οι ηλεκτρικοί προγραμματιστές διακρίνονται σε δυο ομάδες. Έχουμε αυτούς οι οποίοι λειτουργούν με ρεύμα 220 V AC και χρησιμοποιούνται εκεί όπου παρέχεται ηλεκτρικό ρεύμα από τη Δ.Ε.Η. Υπάρχουν όμως δίκτυα σε περιοχές που δεν υπάρχει δίκτυο της Δ.Ε.Η. Σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιούμε προγραμματιστές που λειτουργούν με μπαταρία. Σε αυτές τις δύο κατηγορίες προστίθενται και οι έξυπνοι

προγραμματιστές που λειτουργούν μέσω απομακρυσμένου ελέγχου όπως με wifi και διάφορες εφαρμογές που λειτουργούν στα έξυπνα τηλέφωνα ή tablets.



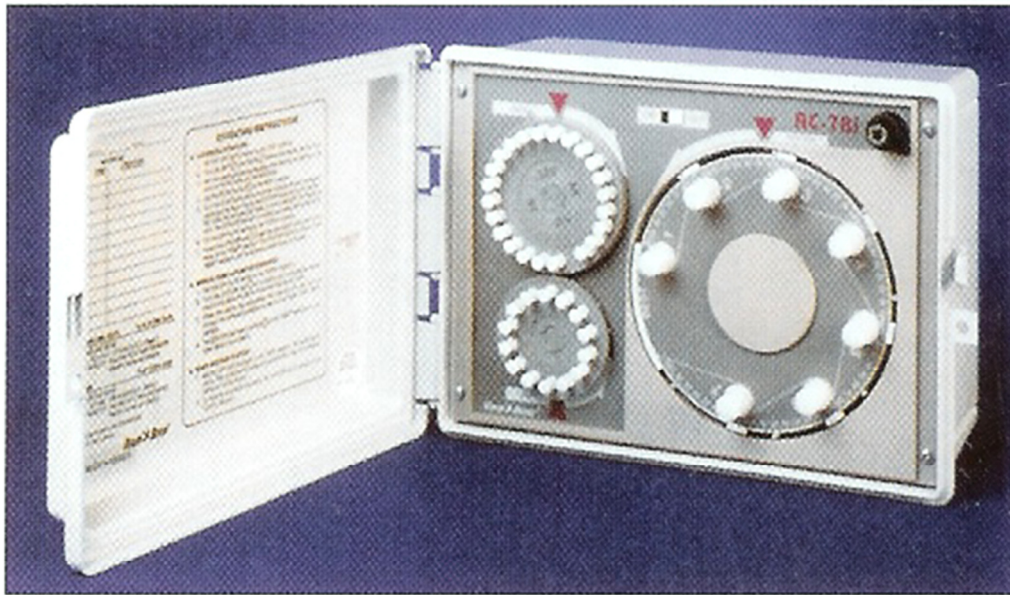
3.2.1 ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΗΣ ΣΤΟ 220V AC – 24V AC

Ο προγραμματιστής αυτού του τύπου συνδέεται με τις ηλεκτροβαλβίδες του δικτύου με ηλεκτρικά καλώδια. Ο προγραμματιστής στέλνει ηλεκτρική τάση στο πηνίο, που είναι προσαρμοσμένο στην ηλεκτροβαλβίδα. Όταν το πηνίο λάβει την ηλεκτρική τάση μαγνητίζεται και έλκει προς τα πάνω ένα εμβολο, που βρίσκεται στο εσωτερικό του. Τότε η ηλεκτροβαλβίδα ανοίγει και με αυτό τον τρόπο το νερό διέρχεται μέσα από το δίκτυο. Στην αγορά έχουν επικρατήσει πλέον οι ηλεκτρονικοί – υβριδικοί προγραμματιστές.

Για την ιστορία μπορούμε να αναφέρουμε ότι κυκλοφόρησαν και άλλοι δύο τύποι ηλεκτρικών προγραμματιστών : ο ηλεκτρο-μηχανικός προγραμματιστής και ο προγραμματιστής με τρανζίστορ. Καθένας από αυτούς τους προγραμματιστές στέλνει μια ηλεκτρική τάση 24 V στο σωληνοειδές πηνίο που είναι προσαρμοσμένο στην ηλεκτροβαλβίδα για να λειτουργήσει την ανάλογη ζώνη άρδευσης.

3.2.1.A Ηλεκτρομηχανικός προγραμματιστής

Είναι ο πρώτος τύπος προγραμματιστή που βγήκε στο εμπόριο και είναι αρκετά εύκολος στον προγραμματισμό του. Με την διακοπή του ηλεκτρικού ρεύματος δεν «χάνει» το πρόγραμμά του. Είναι δύσκολο να συναντήσουμε τέτοιους προγραμματιστές, αν και παράγονται ακόμα και σήμερα από ορισμένες εταιρίες. (εικ. 3.2.1)



ΕΙΚΟΝΑ 3.2.1

Ηλεκτρομηχανικός προγραμματιστής (Πηγή: Rainbird)

3.2.1.Β Προγραμματιστής με τρανζίστορ

Αυτός ο τύπος προγραμματιστή είναι σχεδιασμένος με τρανζίστορ και έχει ψηφιακή οθόνη ανάγνωσης και πλήκτρα σε ένα πληκτρολόγιο. Δεν έχει κινούμενα μέρη, εκτός από τα πλήκτρα. Αν υπάρξει διακοπή ηλεκτρικού ρεύματος, μια μπαταρία θα διατηρήσει το πρόγραμμα για μια χρονική περίοδο 3 έως 9 ωρών.

Θεωρείται ποιο δύσκολος από τους προηγούμενους, όσον αφορά τον προγραμματισμό του.

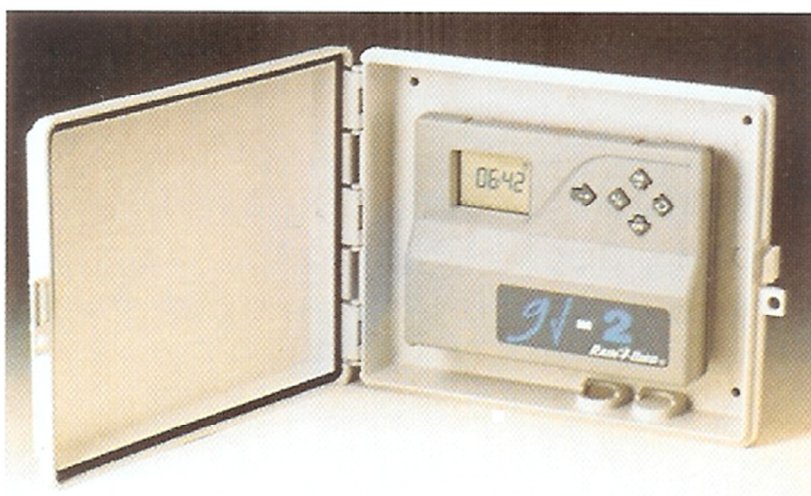
3.2.1.Γ Ηλεκτρονικός – Υβριδικός προγραμματιστής

Αυτός ο τύπος προγραμματιστή έχει επικρατήσει τα τελευταία χρόνια. Είναι προγραμματιστής ιδιαίτερα εύχρηστος, με πολλές δυνατότητες και μικρό όγκο.

3.2.2 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΗΣ ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ

Πρόκειται για προγραμματιστές άρδευσης που λειτουργούν με μπαταρίες και προορίζονται για κήπους που κατασκευάζονται σε περιοχές που δεν υπάρχει δίκτυο της Δ.Ε.Η. ή σε περιοχές που ταλαιπωρούνται από πολύ συχνές διακοπές ρεύματος. Τους προγραμματιστές αυτούς μπορούμε να τους διακρίνουμε :

- Σε προγραμματιστές που στέλνουν ηλεκτρικό σήμα σε ιδικά πηνία που τοποθετούνται στις κοινές ηλεκτοβαλβίδες. Λειτουργούν συνήθως με μια μπαταρία 9 V.(εικ. 3.2.2)



ΕΙΚΟΝΑ 3.2.2

Προγραμματιστής άρδευσης μπαταρίας. Οι προγραμματιστές αυτοί διαθέτουν όλα τα πλεονεκτήματα των ηλεκτρικών προγραμματιστών ρεύματος 220V AC.

- Σε προγραμματιστές μιας στάσης, που τοποθετούνται πάνω σε ηλεκτοβαλβίδες αντικαθιστώντας το σωληνοειδές τους. Οι προγραμματιστές αυτοί δεν έχουν την ευελιξία των υπόλοιπων προγραμματιστών. Λειτουργούν με μια μπαταρία 9 V. (εικ. 3.2.3)



ΕΙΚΟΝΑ 3.2.3

Προγραμματιστές άρδευσης μπαταρίας μιας στάσης.

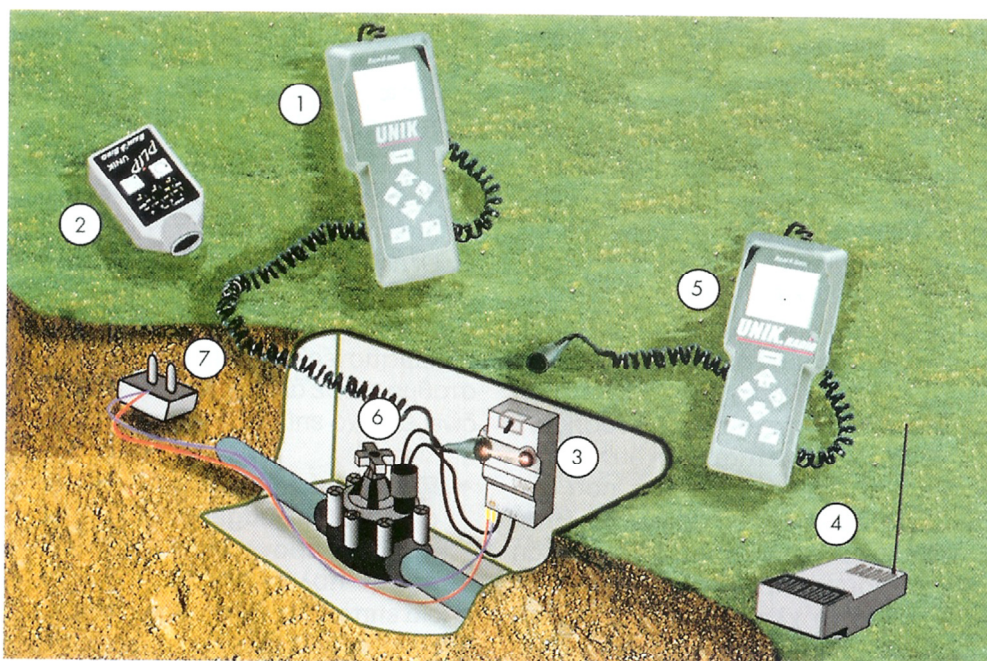
- Σε προγραμματιστές που τοποθετούνται πάνω σε μια βρύση και ελέγχουν έναν ή και μερικές φορές δυο ή περισσότερους σωλήνες άρδευσης. Πρόκειται για μηχανισμούς που χρησιμοποιούνται από ερασιτέχνες. (εικ. 3.2.4)



ΕΙΚΟΝΑ 3.2.4

Προγραμματιστές άρδευσης μπαταρίας.

Τελευταία, στην αγορά έχουν κυκλοφορήσει διάφορα ηλεκτρονικά συστήματα προγραμματισμού για περιοχές που δεν υπάρχει δίκτυο της Δ.Ε.Η. Ένα τέτοιο σύστημα υπάρχει στην (εικ. 3.2.5).



ΕΙΚΟΝΑ 3.2.5

Αυτόματο σύστημα άρδευσης. Σε αυτή την εικόνα βλέπουμε ότι το ειδικό σωληνοειδές πηνίο (6) της ηλεκτροβαλβίδας έχει συνδεθεί με τον προγραμματιστή (3), ο οποίος συνδέεται (μόνο την ώρα του προγραμματισμού) με τον κωδικοποιητή (1). Ο κωδικοποιητής αυτός προγραμματίζεται από τον τεχνικό που εγκαθιστά το δίκτυο. Η μεταφορά του προγράμματος μπορεί να γίνει και ασύρματα χρησιμοποιώντας τον κωδικοποιητή Νο (5) και τον ασύρματο προγραμματιστή Νο (4). Η συσκευή (2) χρησιμοποιείται για χειροκίνητους χειρισμούς. Το εξάρτημα με κωδικό (7) είναι ένας αισθητήρας υγρασίας (Πηγή: Rainbird).

3.3 ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΩΝ

Υπάρχουν πολλοί τύποι προγραμματιστών ρεύματος με πολλά και ποικίλα χαρακτηριστικά για να επιλέξουμε.

1. Διακόπτης έναρξης λειτουργίας (ON/OFF).

Σχεδόν όλοι οι προγραμματιστές έχουν ένα διακόπτη, που μας επιτρέπει να κλείνουμε τον προγραμματιστή όταν γίνονται επισκευές ή όταν αρχίζει να βρέχει, χωρίς να ακυρώνονται τα προγράμματα που έχουμε θέσει. Συνήθως, ο διακόπτης αυτός έχει διαφορετικό χρώμα από τους υπόλοιπους.

2. Διακόπτης τρέχουσας ώρας/ημέρας – τρέχοντος μήνα/έτους (time/day).

Με αυτόν ρυθμίζουμε τον προγραμματιστή να δείχνει την τρέχουσα ώρα και ημέρα, του τρέχοντα μήνα και το έτος. Αυτό γίνεται την πρώτη φορά που τοποθετείται ο προγραμματιστής, όπως επίσης και από μακροχρόνια διακοπή ρεύματος.

3. Σταθμοί (Στάσεις, stations ή zones).

Ένας σταθμός μέσα σε ένα προγραμματιστή συνδέεται συνήθως με ένα κύκλωμα ή ζώνη ηλεκτροβαλβίδας. Αν έχουμε έξι κυκλώματα ή ζώνες, τότε θα χρησιμοποιήσουμε έναν προγραμματιστή έξι σταθμών. Ο σταθμός ελέγχει πότε και σε πόση ώρα διεκπεραιώνεται η άρδευση της συγκεκριμένης ζώνης. Αν και ένας σταθμός ελέγχει συνήθως μια ηλεκτροβαλβίδα, κάποιοι προγραμματιστές μπορούν να ανοίγουν δυο ή περισσότερες ηλεκτροβαλβίδες, εφόσον βέβαια πληρούνται οι κατάλληλες προδιαγραφές (ρεύματος και καλωδίωσης).

4. Διάρκεια άρδευσης (run time).

Στη θέση αυτή ορίζεται η διάρκεια άρδευσης κάθε στάσης. Οι προγραμματιστές συνήθως έχουν την ικανότητα να λειτουργούν τους σταθμούς τους από 1-120 λεπτά κάθε φορά. Μερικοί προγραμματιστές έχουν έναν ή δυο σταθμούς που μπορούν να μετατρέψουν το χρόνο λειτουργίας τους από λεπτά σε ώρες (1εως 120 λεπτά σε 0,5 έως 18 ώρες). Έχουμε δηλαδή τη δυνατότητα να χρησιμοποιούμε αυτούς τους σταθμούς για άρδευση με σταγόνες, φωτισμό κ.τ.λ.

5. Χρόνος έναρξης άρδευσης (start times)

Απαραίτητο και βασικό στοιχείο προγραμματισμού είναι να θέσουμε την ώρα έναρξης λειτουργίας του δικτύου μας. Ο αριθμός των εκκινήσεων ποικίλει από εταιρία σε εταιρία, κάποιοι προγραμματιστές έχουν λίγους αριθμούς εκκίνησης, ενώ υπάρχουν προγραμματιστές που διαθέτουν μέχρι και 20 εκκινήσεις. Όταν μιλάμε για αριθμούς εκκίνησης, εννοούμε απλά πόσες φορές ένας προγραμματιστής θα δώσει σήμα στους σταθμούς του ώστε να αρδεύουν κάθε μέρα. Αν ένας προγραμματιστής έχει δέκα αριθμούς εκκινήσεων οι σταθμοί μπορούν να μπουν σε λειτουργία δέκα φορές την ημέρα αν αυτό βέβαια είναι επιθυμητό. Οι πολλοί αριθμοί εκκίνησης είναι χρήσιμοι όταν

εγκαθιστούμε νέο χλοοτάπητα ή πρόσφατα έχουμε φυτέψει ετήσια φυτά.

Σε αυτές τις περιπτώσεις μπορεί να θέλουμε να λειτουργούν οι σταθμοί μας τρεις ή τέσσερις φορές την ημέρα ώστε να διατηρούν την υγρασία του εδάφους σε επιθυμητά επίπεδα. Οι πολλοί αριθμοί εκκίνησης είναι επίσης χρήσιμοι, όταν το έδαφος είναι αργιλώδες με μικρή διηθητικότητα. Σε αυτή την περίπτωση μπορεί να θέλουμε να ρυθμίσουμε το πρόγραμμα μας να ποτίζει τις ζώνες του χλοοτάπητα σε τέτοιους χρόνους, ώστε να υπάρχουν χρονικά περιθώρια απορρόφησης του νερού από το έδαφος. Αυτός ο τρόπος άρδευσης προστατεύει το έδαφος από διάβρωση, ενώ ταυτόχρονα δεν έχουμε σπατάλη νερού.

6. Ημέρες άρδευσης (water days).

Αφού έχουμε προγραμματίσει την ώρα και το χρόνο που θα λειτουργεί, πρέπει να προγραμματίσουμε και τις ημέρες που θέλουμε να λειτουργεί. Κάποιοι προγραμματιστές θα δεχτούν ένα πρόγραμμα επτά ημερών και μετά θα επαναλάβουν τον κύκλο. Αυτό σημαίνει ότι έχουμε προγραμματίσει τις ημέρες τις οποίες επιθυμούμε να λειτουργήσει στο χρονικό ορίζοντα της εβδομάδας και μετά ο κύκλος θα επαναλαμβάνεται για κάθε εβδομάδα. Με ένα κύκλο άρδευσης επτά ημερών μπορούμε να αρδεύουμε καθημερινά, αλλά όχι κάθε δεύτερη ημέρα ή κάθε τρίτη ημέρα. Ένας επταήμερος κύκλος άρδευσης δεν είναι πολύ ευέλικτος (ο αριθμός 7 δεν διαιρείται ακριβώς από τους αριθμούς 2 και 3). Τελευταία, οι προγραμματιστές που κυκλοφορούν στη αγορά μπορούν να δηχθούν, εκτός από τους προηγούμενους προγραμματισμούς, και προγραμματισμούς με αριθμητικό κύκλο άρδευσης. Δηλαδή μπορούν να αρδεύουν κάθε ημέρα (ανά μία ημέρα) ή ανά δυο ημέρες ή ανά τρεις ημέρες ή ανά τέσσερις ημέρες ή ανά τριάντα ημέρες. Επίσης δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι, όσο πιο πολλές ημέρες υπάρχουν στον κύκλο άρδευσης, τόσο περισσότερες εναλλακτικές λύσεις θα έχουμε για τη συχνότητα άρδευσης.

7. Αριθμός προγραμμάτων (programs).

Ένα «πρόγραμμα» είναι ένα σύνολο εντολών άρδευσης ή ένα πρόγραμμα άρδευσης για σταθμούς, το οποίο θα λειτουργεί τις ίδιες ημέρες. Όταν προγραμματίζουμε τον προγραμματιστή, ορίζουμε τις ημέρες που θέλουμε να ξεκινήσουν οι σταθμοί μας, την ώρα της ημέρας που θέλουμε να ξεκινήσει η άρδευση και τη διάρκεια της άρδευσης. Κάποιοι προγραμματιστές έχουν περισσότερα του ενός προγράμματα,

που επιτρέπουν μια πιο ευέλικτη άρδευση. Έτσι για παράδειγμα, αναφέρουμε ότι, επειδή οι θάμνοι έχουν μακρότερες απαιτήσεις άρδευσης από το χλοοτάπητα, δε χρειάζεται να αρδεύονται τόσο συχνά. Αν ένας προγραμματιστής διαθέτει περισσότερα από ένα προγράμματα, ο χλοοτάπητας μπορεί να αρδεύεται στην περίοδο αιχμής κάθε μέρα από το ένα πρόγραμμα και οι θάμνοι κάθε δεύτερη μέρα από το δεύτερο πρόγραμμα. Αντίθετα, ένας προγραμματιστής ενός προγράμματος δεν έχει αυτήν την ικανότητα. Σε αυτήν την περίπτωση, μπορούμε να αρδεύουμε τους θάμνους για λιγότερο χρόνο από ότι το χλοοτάπητα, αλλά η άρδευση θα γίνεται καθημερινά. Μπορούμε λοιπόν να αρδεύουμε διαφορετικούς σταθμούς σε διαφορετικές ημέρες, μόνο αν ο προγραμματιστής μας έχει δυο ή περισσότερα προγράμματα. Όταν ένας προγραμματιστής εφαρμόζει ένα δεδομένο πρόγραμμα, εκτελεί όλο το πρόγραμμα πριν το σταματήσει ή το επαναλάβει. Ένα κλασικό πρόγραμμα μπορεί να αρχίσει στις 04:00 π.μ, όταν η πίεση του νερού στον κεντρικό αγωγό της πόλης είναι ικανοποιητική και δεν έχουμε απώλειες λόγω εξάτμισης. Ο προγραμματιστής θα δώσει σήμα στους διάφορους σταθμούς να ξεκινήσουν ο ένας μετά τον άλλον. Κάθε σταθμός θα αρδεύσει στο χρονικό περιθώριο που έχουμε καθορίσει. Υπάρχουν προγραμματιστές των οποίων ο κάθε σταθμός έχει τη δυνατότητα να προγραμματίζεται ανεξάρτητα από τους υπόλοιπους.

8. Χειροκίνητος διακόπτης έλεγχου (manual).

Οι περισσότεροι προγραμματιστές έχουν ένα διακόπτη που μας δίνει χειροκίνητο έλεγχο λειτουργίας. Σε κάποιους άλλους προγραμματιστές υπάρχει διακόπτης για κάθε σταθμό και σε άλλους, ο ίδιος διακόπτης μας δίνει έλεγχο επί όλων των σταθμών.

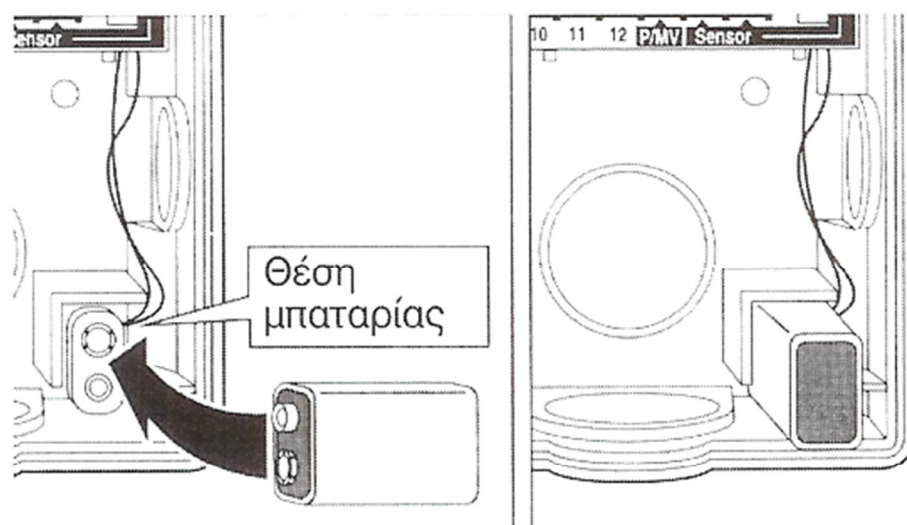
9. Προστασία αυξομείωση χρόνου άρδευσης (water budget ή %).

Κάποιοι προγραμματιστές διαθέτουν αυτή την πολύτιμη εναλλακτική λύση, η οποία επιτρέπει την αύξηση ή την μείωση του χρόνου άρδευσης, που έχουμε προγραμματίσει για τα κυκλώματά μας, σε ποσοστό (10%-200%). Όλοι οι σταθμοί των προγραμματιστών μπορούν να αυξήσουν ή να μειώσουν τον χρόνο άρδευσης με μια μόνο κίνηση. Αυτό βοηθά στο να ελαχιστοποιήσουμε την κατανάλωση, όταν χρειαζόμαστε λιγότερο νερό όπως κατά την διάρκεια κρύων και υγρών καιρικών συνθηκών. Αντίθετα, κατά την διάρκεια ξηρών περιόδων, μπορούμε να αυξήσουμε τα ποσοστά άρδευσης. Στις περισσότερες περιοχές, τα προγράμματα άρδευσης πρέπει να αλλάζουν πέντε με οχτώ

φορές κατά την διάρκεια του έτους διότι οι ανάγκες των φυτών διαφοροποιούνται ιδιαίτερα την άνοιξη, το καλοκαίρι και το φθινόπωρο.

10. Πρόγραμμα ασφάλειας.

Όταν για κάποιο λόγο συμβεί διακοπή του ηλεκτρικού ρεύματος, κάποιοι προγραμματιστές μπορούν να διατηρήσουν το πρόγραμμα τους χωρίς μπαταρίες και κάποιοι άλλοι φέρουν μπαταρίες που διατηρούν το πρόγραμμα για λίγες ώρες. (εικ. 3.3.1).



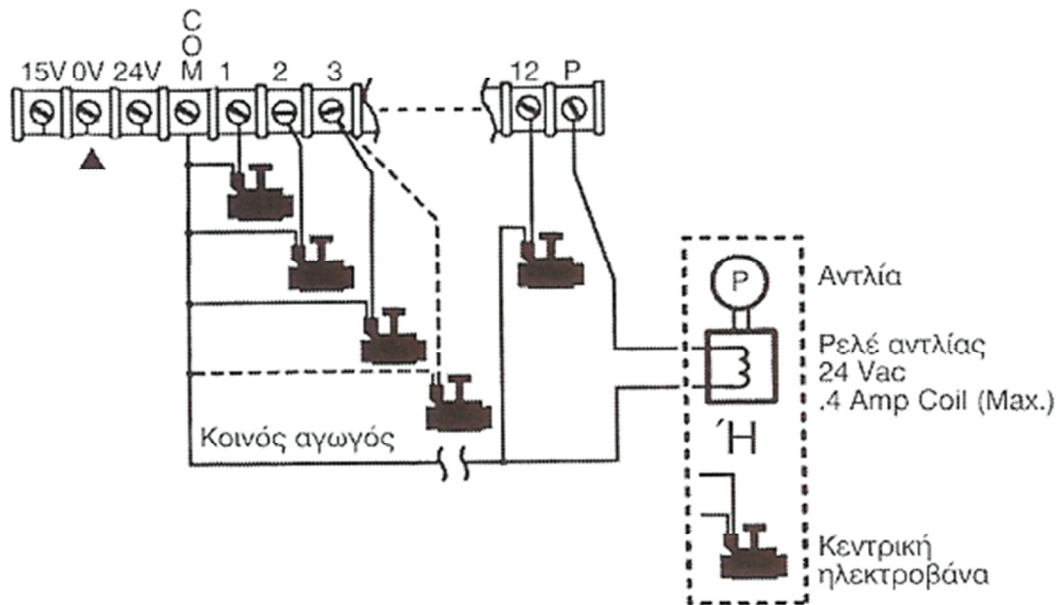
ΕΙΚΟΝΑ 3.3.1
Θέση μπαταρίας

Ο χρόνος διατήρησης του προγράμματος εξαρτάται από το είδος της μπαταρίας που χρησιμοποιείται. Αν η μπαταρία εξασθενίσει, όλα τα προγράμματα θα μηδενιστούν. Οι περισσότεροι προγραμματιστές διαθέτουν ένα ενσωματωμένο πρόγραμμα ασφάλειας, το οποίο θα ενεργοποιηθεί όταν επανέλθει το ηλεκτρικό ρεύμα (π.χ. θα λειτουργήσουν όλες οι στάσεις για 10 λεπτά, δυο φορές την ημέρα). Έτσι ο προγραμματιστής θα λειτουργεί σύμφωνα με αυτό μέχρι να επαναπρογραμματιστεί.

11. Κύκλωμα αντλίας / κεντρικής ηλεκτροβαλβίδας (pump start ή master valve).

Οι προγραμματιστές μπορούν να συνδεθούν με τέτοιο τρόπο, ώστε, όταν ενεργοποιούν ένα σταθμό για άρδευση, ταυτόχρονα να ενεργοποιούν μια αντλία να μπει σε λειτουργία ή μια κεντρική ηλεκτροβαλβίδα (master valve) να ανοίξει.

Δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι η κεντρική ηλεκτροβαλβίδα είναι τοποθετημένη μπροστά από όλες τις ηλεκτροβαλβίδες του κυκλώματος, ανοίγει με το άνοιγμα της πρώτης στάσης και κλείνει με το κλείσιμο της τελευταίας στάσης. (εικ. 3.3.2)



ΕΙΚΟΝΑ 3.3.2

Σύνδεση αντλίας ή κεντρικής ηλεκτροβαλβίδας στον προγραμματιστή.

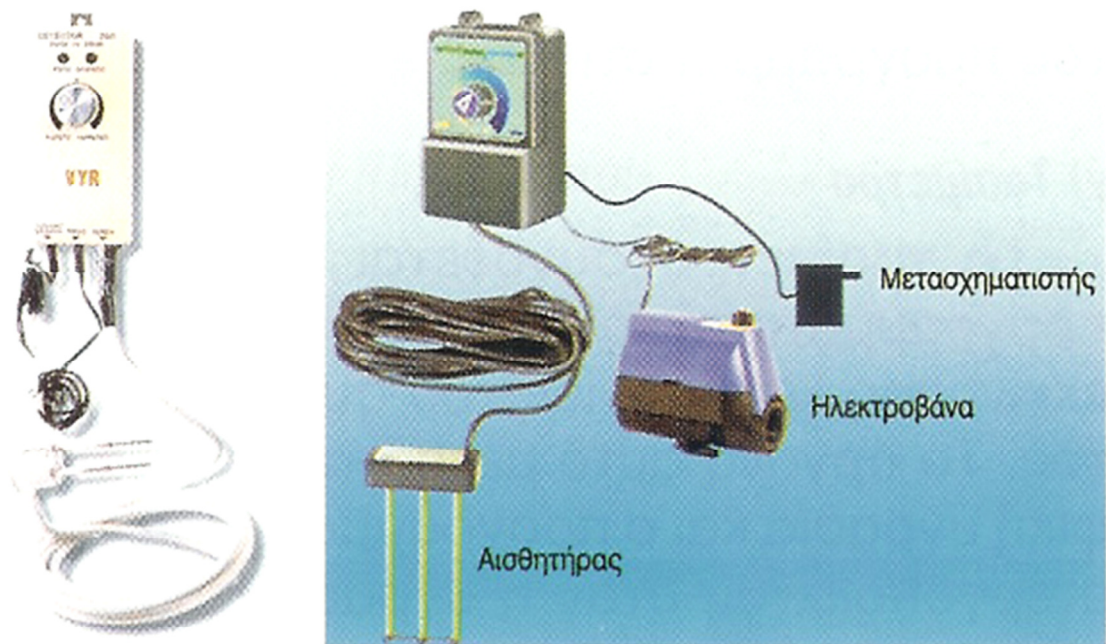
12. Δυνατότητα σύνδεσης αισθητήρων (auto rain).

Η πιο ολοκληρωμένη μορφή αυτόματης άρδευσης περιλαμβάνει τη σύνδεση με τον προγραμματιστή διαφόρων οργάνων που καλούνται αισθητήρες. Μερικοί από τους πιο ευρέως χρησιμοποιημένους αισθητήρες είναι οι εξής :

α) Μετρητές υγρασίας (Humidity meters)

Είναι ηλεκτρονικά όργανα που μετρούν, μέσω ενός αισθητήρα που τοποθετείται στον κήπο (μέσα στο έδαφος), την υγρασία του εδάφους. Όταν το έδαφος είναι ξηρό, επιτρέπει στον

προγραμματιστή με τον οποίο συνδέεται, να λειτουργεί. Όταν το έδαφος φτάσει στα επίπεδα υγρασίας που επιθυμούμε και έχουμε ρυθμίσει, διακόπτει τη λειτουργία του προγραμματιστή (εικ. 3.3.3).



ΕΙΚΟΝΑ 3.3.3

*Ηλεκτρονικοί αισθητήρες υγρασίας
(Πηγή: VYRSA – NETAFIM).*

β) Αισθητήρες βροχής (Rain sensors).

Είναι ηλεκτρονικά όργανα που υπολογίζουν το συνολικό όγκο του νερού που πέφτει μετά από μια βροχή, μετρώντας το ύψος βροχής. Ανάλογα με την ένδειξη που παίρνουν, επιτρέπουν ή δεν επιτρέπουν

στον προγραμματιστή να ξεκινήσει. Υπάρχουν επίσης άλλοι αισθητήρες, οι οποίοι «αναγνωρίζουν» μια έντονη βροχόπτωση και διακόπτουν τη λειτουργία του προγραμματιστή (εικ. 3.3.4).



ΕΙΚΟΝΑ 3.3.4
Αισθητήρες βροχής

γ) Τασίμετρα

Το τασίμετρο συνδέεται με τον προγραμματιστή και δίνει το σύνθημα εκκίνησης λειτουργίας του συστήματος. Το όργανο αυτό μετρά την εδαφική υγρασία και ο προγραμματιστής ενεργοποιείται, όταν η υγρασία του εδάφους πέσει κάτω από ορισμένα όρια.

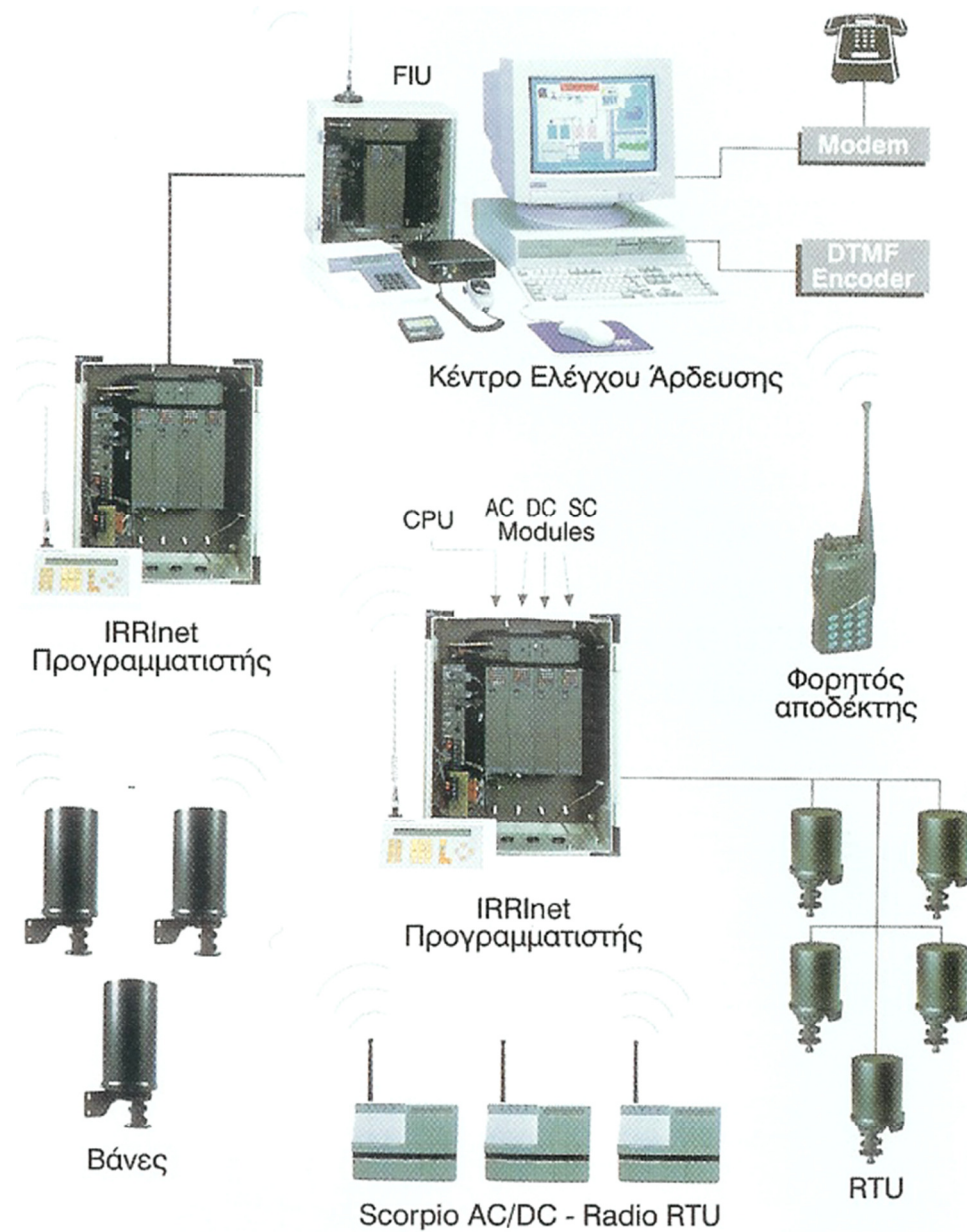
δ) Μετρητές ροής.

Τα όργανα αυτά χρησιμοποιούνται στα αρδευτικά δίκτυα για τον υπολογισμό της ποσότητας νερού που αποδίδεται και για τον εντοπισμό μεγάλων παροχών ή διαρροών, καθώς επίσης και για την καταγραφή της συνολικής κατανάλωσης νερού. Οι αισθητήρες ροής μπορούν

αυτόματα να κλείσουν την κεντρική ηλεκτροβαλβίδα, σε περίπτωση διαρροής του κύριου σωλήνα παροχής. Επίσης, αν μια εγκάρσια γραμμή παροχής διαρραγεί ή αν κάποιο ακροφύσιο φύγει από τη θέση του, η ζώνη άρδευσης θα απομονωθεί αυτόματα. Με τη χρήση ενός τέτοιου οργάνου επιτυγχάνεται τεράστια εξοικονόμηση νερού.

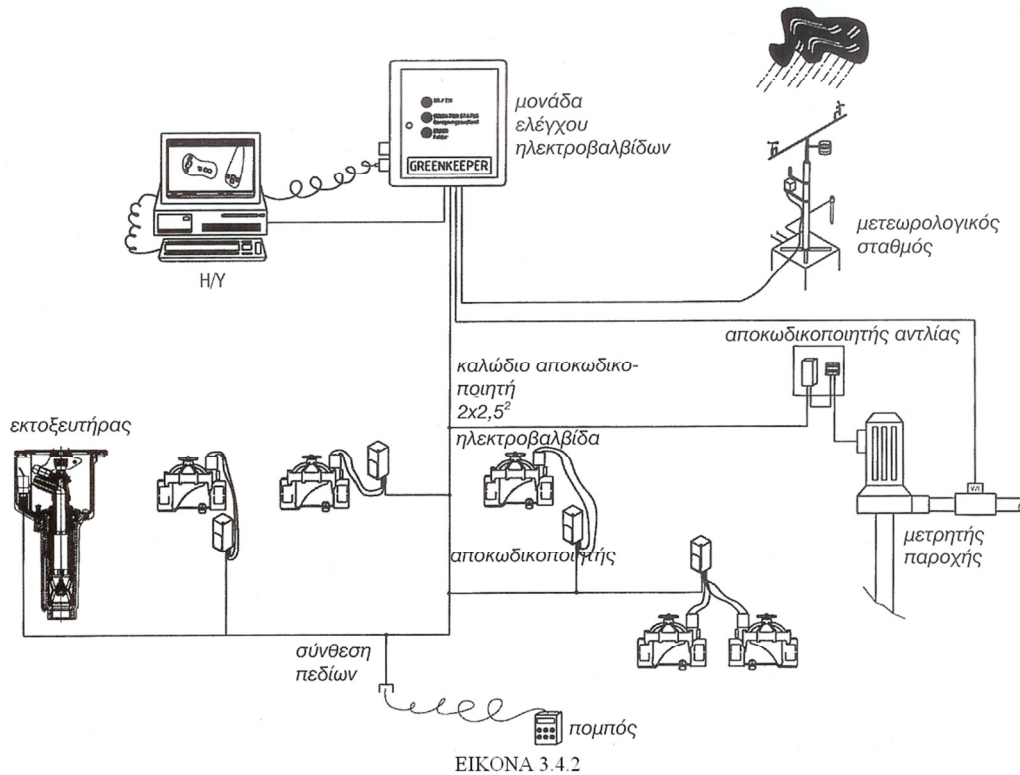
3.4 ΚΕΝΤΡΙΚΑ/ ΔΟΥΡΥΦΟΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ

Πρόκειται για τα πλέον εξελιγμένα συστήματα διαχείρισης του νερού άρδευσης. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πολύ μεγάλες περιοχές πρασίνου όπως επίσης και σε περιοχές με μεγάλη διασπορά. Με τη χρήση Η/Υ επεξεργάζονται, με πολύ μεγάλη ταχύτητα, τεράστιο όγκο πληροφοριών (π.χ. μετεωρολογικά δεδομένα, εξατμισοδιαπνοή κ.τ.λ.) και ελέγχουν ασύρματα ή ενσύρματα πολλές περιφερειακές περιοχές πρασίνου.



ΕΙΚΟΝΑ 3.4.1

Δίκτυο κεντρικού ελέγχου άρδευσης μεγάλων εκτάσεων (Πηγή: TORO).

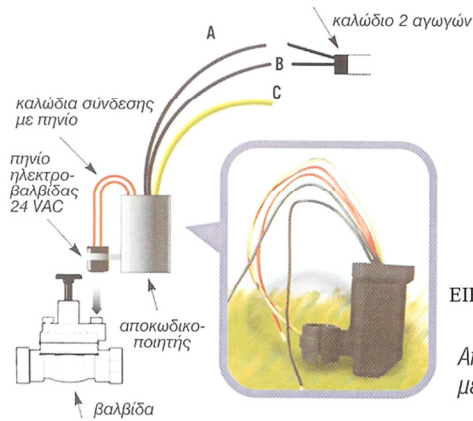


Σχηματικό διάγραμμα δικτύου κεντρικού ελέγχου (Πηγή: Perrot)

Πρόσφατα έχουν αναπτυχτεί κεντρικά συστήματα αρδεύσεων, στα οποία ο έλεγχος των τοπικών προγραμματιστών – δορυφόρων του συστήματος γίνεται μέσω κινητής τηλεφωνίας (τεχνολογία GSM). Πρόκειται για μια σημαντική εξέλιξη, η οποία προσφέρει μέγιστη ευελιξία στην εφαρμογή τέτοιων συστημάτων, καθώς ξεπερνιέται κάθε περιορισμός αποστάσεων, που μπορεί να ετίθετο από τις τεχνολογίες τηλεδιαχείρισης μέσω καλωδίων ή ραδιοκυμάτων. Έχουν ήδη αρχίσει και εγκαθίστανται στη χώρα μας σε μεγάλους Δήμους (εικ. 3.4.1, εικ 3.4.2)

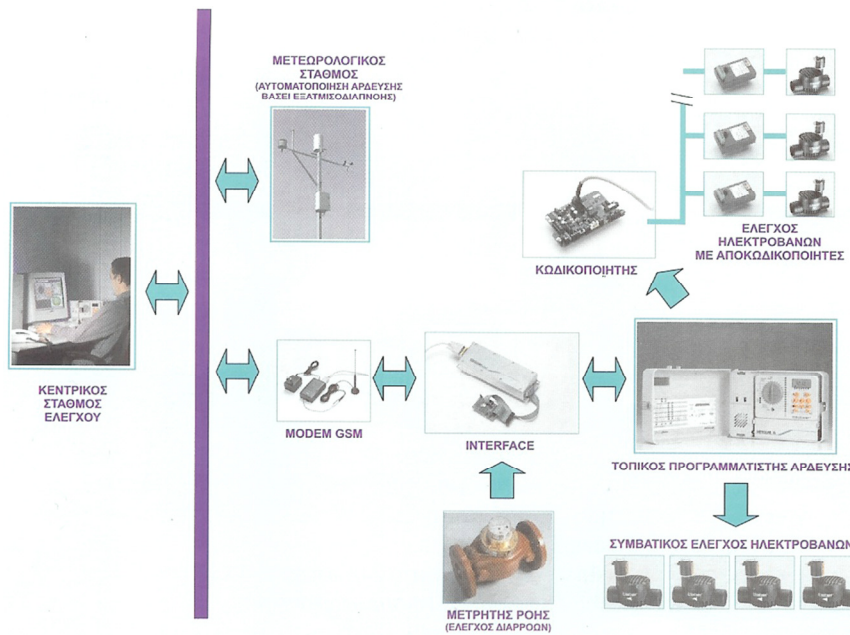


Δίκτυο κεντρικού ελέγχου άρδευσης με καλώδιο 2 αγωγών.
(α) προγραμματιστής, (β) κωδικοποιητής, (γ) πηγίο με αποκωδικοποιητή,
(δ) ηλεκτροβαλβίδα (Πηγή: Irritrol)



ΕΙΚΟΝΑ 3.4.4

Αποκωδικοποιητής για χρήση με καλώδιο 2 αγωγών (Πηγή: Irritrol)



ΕΙΚΟΝΑ 3.4.5

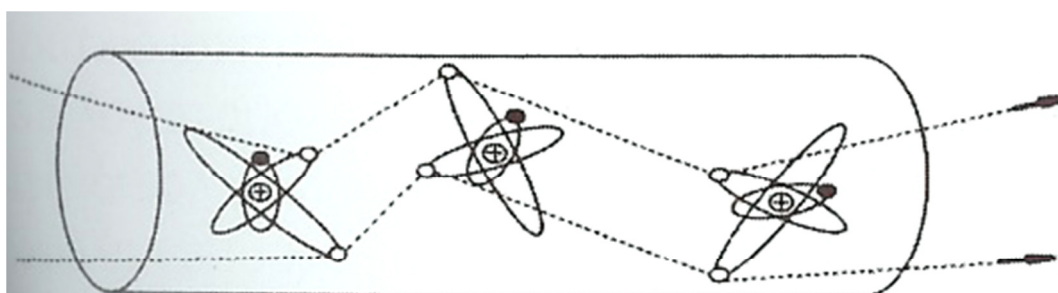
Αρχιτεκτονική κεντρικού συστήματος ελέγχου και διαχείρισης αρδεύσεων (Πηγή: Claber)

3.5 ΚΑΛΩΔΙΩΣΗ

Τα περισσότερα αρδευτικά δίκτυα σήμερα ελέγχονται από προγραμματιστές, ηλεκτροβαλβίδες και αισθητήρες που επικοινωνούν με τη βοήθεια του ηλεκτρικού ρεύματος. Οι περισσότεροι προγραμματιστές δέχονται ρεύμα 220V AC (ρεύμα εισόδου) και στέλνουν στις ηλεκτροβαλβίδες, μέσω μετασχηματιστή (εσωτερικού ή εξωτερικού), ρεύμα τάσης 24V AC (ρεύμα εξόδου). Τα καλώδια μεταφέρουν τα ηλεκτρικά σήματα που απαιτούνται για τη λειτουργία των παραπάνω εξαρτημάτων. Καλώδιο είναι το σύνολο δυο ή περισσότερων μονωμένων χάλκινων αγωγών, που βρίσκονται μέσα στο ίδιο

μονωτικό περίβλημα και χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά του ηλεκτρικού ρεύματος.

Ο τύπος των καλωδίων που χρησιμοποιούνται στα αρδευτικά δίκτυα είναι J1VV (με συμπαγείς χάλκινους αγωγούς που τα καθιστούν ανθυγρά ή NYV) και η μορφή που διατίθεται στο εμπόριο μπορεί να είναι δυο αγωγών (διπολικό), τριών αγωγών (τριπολικό), τεσσάρων αγωγών (τετραπολικό), πέντε αγωγών (πενταπολικό) και επτά αγωγών (επταπολικό). Η ονομαστική τάση των αγωγών αυτών είναι μέχρι 1000V. Τα τελευταία χρόνια στην αγορά κυκλοφορούν καλώδια αμερικανικής προέλευσης γνωστά ως UF με δυο έως δεκαπέντε αγωγούς και ονομαστική τάση 600V. Οι μονώσεις των αγωγών μέσα στα καλώδια έχουν διαφορετικούς χρωματισμούς, για να ξεχωρίζουν εύκολα. Τα καλώδια συνήθως διαφοροποιούνται ανάλογα με το χρώμα τους ώστε να γίνεται δυνατή η αναγνώριση τόσο των καλωδίων κάθε στάσης όσο και των κοινών καλωδίων. Το κίτρινο χρώμα χρησιμοποιείται συνήθως για το κοινό καλώδιο προς όλες τις ηλεκτροβαλβίδες. Ο διαχωρισμός των καλωδίων με διαφορετικό χρωματισμό βοηθά στην εύκολη αναγνώριση των στάσεων και την σωστή σύνδεση με τον προγραμματιστή.



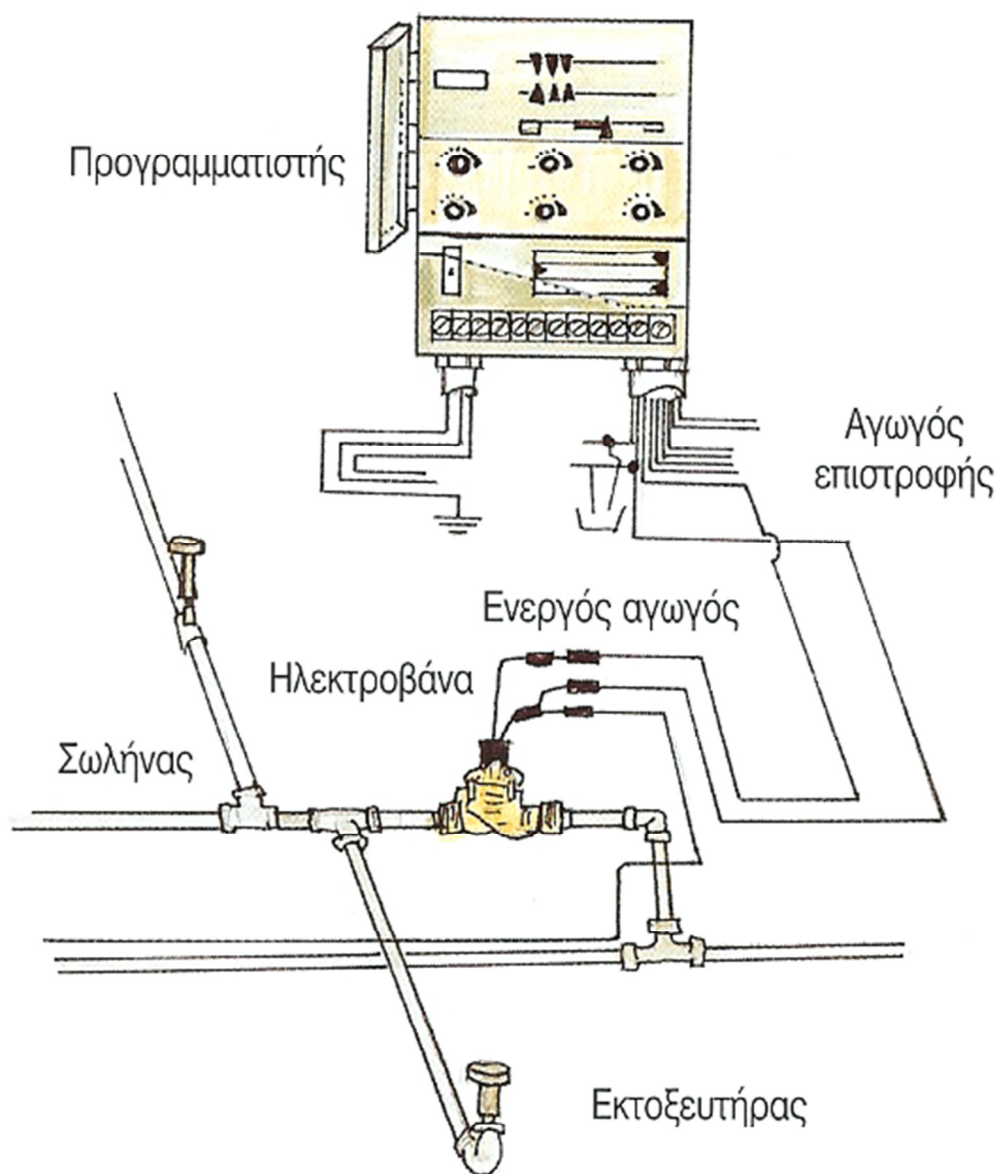
ΕΙΚΟΝΑ 3.5.1
Χάλκινος αγωγός

Ένα άλλο χαρακτηριστικό των καλωδίων είναι η επιφάνεια της διατομής των αγωγών τους. Στον πιο κάτω πίνακα φαίνονται ορισμένες διατομές αγωγών και η αντίσταση που παρουσιάζουν για κάθε 1000m.

Η αντίσταση που παρουσιάζουν οι χάλκινοι αγωγοί ανά 1000m μήκος.

Διατομή αγωγού (καρέ) (mm ²)	Αντίσταση ανά 1000m μήκος (Ω)
0,50	36,20
0,75	24,13
1,00	18,10
1,50	12,10
2,50	7,41
4,00	4,61
6,00	3,08
10,00	1,83

Ο προγραμματιστής στέλνει ρεύμα τάσης 24V AC δια μέσου ενός αγωγού, ο οποίος ξεκινά από αυτόν, περνάει από τις ηλεκτροβαλβίδες και επιστρέφει πάλι σε αυτόν. Αυτό το κύκλωμα είναι γνωστό ως ηλεκτρικό κύκλωμα. Όλα τα ηλεκτρικά κυκλώματα πρέπει να είναι κλειστά, ώστε να παρέχεται ενέργεια εκεί που χρειάζεται και στη συνέχεια το ηλεκτρικό ρεύμα να επιστρέφει. Ο ηλεκτρισμός ή η ροή των ηλεκτρονίων μεταφέρεται από έναν αγωγό ο οποίος ονομάζεται ενεργός αγωγός, προς τις ηλεκτροβαλβίδες. Το κύκλωμα ολοκληρώνεται από έναν άλλο αγωγό, ο οποίος επιστρέφει στον προγραμματιστή και ονομάζεται ουδέτερος αγωγός ή κοινός αγωγός ή αγωγός επιστροφής ή επιστροφή ή κοινός. Δε θα πρέπει όλες οι ηλεκτροβαλβίδες να συνδέονται με τον ίδιο ενεργό αγωγό, διότι τότε όλες οι ηλεκτροβαλβίδες θα ενεργοποιούνται ταυτόχρονα μόλις περνά το ηλεκτρικό ρεύμα από αυτόν. Κάθε ηλεκτροβαλβίδα συνδέεται με τον προγραμματιστή με ξεχωριστό αγωγό. Ο ουδέτερος αγωγός συνδέει όλες τις ηλεκτροβαλβίδες με τον προγραμματιστή. Στην εικ. 3.5.2 βλέπουμε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα προγραμματιστή και μιας ηλεκτροβαλβίδας. Τα περισσότερα αρδευτικά δίκτυα δεν απαιτούν καλωδιώσεις μήκους μεγαλύτερου των 300m. Χρησιμοποιώντας λοιπόν καλώδια με διατομή 1.5 mm² έχουμε καλύψει με μεγάλη ασφάλεια τις ηλεκτρικές απαιτήσεις του δικτύου μας.



ΕΙΚΟΝΑ 3.5.2

Ηλεκτρικό κύκλωμα προγραμματιστή
και μιας ηλεκτροβαλβίδας
(πηγή: Παιδαγωγικό Ινστιτούτο).

3.6 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΕΞΥΠΝΩΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΩΝ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

Ένας έξυπνος προγραμματιστής ενεργοποιεί τις ηλεκτροβαλβίδες οι οποίες είναι υπεύθυνες για το άνοιγμα των εκτοξευτήρων σύμφωνα με το πρόγραμμα που έχει οριστεί. Είναι ένας αυτόματος διακόπτης που τρέχει ένα προκαθορισμένο πρόγραμμα που ελέγχεται από τις μετρήσεις που πραγματοποιούν ανά τακτα χρονικά διαστήματα οι αισθητήρες εδαφικής υγρασίας. Ο προγραμματιστής ρυθμίζεται σύμφωνα με το μέγιστο και το ελάχιστο ποσοστό εδαφικής υγρασίας που επιθυμούμε. Για παράδειγμα, αν σε έναν κήπο θέλουμε η υγρασία να κυμαίνεται μεταξύ 20-60%, όταν οι μετρήσεις των αισθητήρων πέσουν κάτω από 20%, δίνεται σήμα στον προγραμματιστή να ενεργοποιήσει τις ηλεκτροβαλβίδες έως ότου φτάσουμε στα επιθυμητά ποσοστά εδαφικής υγρασίας.

3.7 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΕΞΥΠΝΩΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΩΝ

Το μεγαλύτερο μέρος των παρακάτω στοιχείων αντλήθηκαν από προσωπική επίσκεψη στο κατάστημα ALL WATER- ΑΦΟΙ ΣΒΟΥΡΔΑΚΟΥ Ο.Ε.

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται αναλυτικά οι έξυπνοι προγραμματιστές άρδευσης στην ελληνική αγορά. Παρουσιάζονται ξεχωριστά οι προγραμματιστές κάθε εταιρίας. Αναλύονται διεξοδικά και χωρίζονται σύμφωνα με τον τρόπο λειτουργίας τους αλλά και τις δυνατότητες τους. Τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά που διαφοροποιούν τον ένα προγραμματιστή από τον άλλο είναι τα ακόλουθα:

- Οικιακή / επαγγελματική χρήση.
- Αριθμός προγραμμάτων για τον κάθε ένα.
- Αριθμός αυτόματων ενάρξεων ημερησίως ανά πρόγραμμα και συνολικά.
- Δυνατότητα χειροκίνητης έναρξης προγράμματος.
- Τροφοδοσία.
- Αριθμός στάσεων.
- Διάρκεια στάσης.

- Ταυτόχρονη λειτουργία πολλών στάσεων.
- Πρόγραμμα καθυστέρησης άρδευσης.
- Εκκίνηση αντλίας ή master valve.
- Αυξομείωση χρόνου άρδευσης (water budget).
- Διατήρηση προγράμματος.
- Αισθητήρας βροχής.
- Αισθητήρας εδαφικής υγρασίας.
- Αισθητήρες εξατμισοδιαπνοής.
- Αισθητήρες παροχής.
- Πρόγραμμα ημερολόγιο 7 ημερών.
- Πρόγραμμα μεταβλητού κύκλου.
- Πρόγραμμα κύκλου μονών / ζυγών.
- Πρόγραμμα ημερολογίου 365 ημερών.
- Τηλεχειρισμός.
- Σύνδεση με smartphone ή tablet.
- Κόστος προγραμματιστή.

ΕΙΔΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΕΞΥΠΙΝΩΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΩΝ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

- Απομακρυσμένος έλεγχος μέσω WI-FI και δωρεάν εφαρμογών (APPLICATION στα Appstore και Google Play Store)
- Σύνδεση σε κεραία- πομποδέκτη μόνο για τον SOLEM WF-IP
- Εντοπισμός προγραμματιστή στο GOOGLE MAPS, μόνο για την εταιρεία SOLEM
- Ασύρματη επικοινωνία με κάρτα SIM (GPRS ή 3G), μόνο για την εταιρεία GALCON
- Ρύθμιση προγραμμάτων μέσω τοπικών καιρικών συνθηκών (θερμοκρασία, βροχόπτωση, υγρασία, ταχύτητα ανέμου) μόνο για την εταιρεία HUNTER HYDRAWISE

3.8 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΕΣ ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ



3.8.1 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΕΣ ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ ΕΤΑΙΡΙΑΣ SOLEM



Προγραμματιστής Ποτίσματος Μπαταρίας WiFi 2 Στάσεων WF-IP 2 Solem

Κωδ. Προϊόντος: 3760246970211

Τιμή WEB: 119.00€

Τιμή καταστήματος: 145.00€



Προγραμματιστής Ποτίσματος Μπαταρίας WiFi 2-4-6 Στάσεων WF-IP 2 Solem

Προγραμματιστής αυτόματου ποτίσματος με δυνατότητα απομακρυσμένης διαχείρισης μέσω Wifi σε πραγματικό χρόνο, μέσω δωρεάν application και σύνδεση internet (Wi-Fi).

Προγραμματιστής Ποτίσματος Μπαταρίας που ελέγχεται μέσω WiFi από οπουδήποτε διαθέτετε πρόσβαση στο ίντερνετ. Για να λειτουργήσει απαιτεί μια μπαταρία 9V, σύνδεση σε WiFi και την **Κεραία-Πομποδέκτη WiFi/Radio Relay WF-MB**. Μέχρι 8 προγραμματιστές μπορούν να συνδεθούν σε Κεραία-Πομποδέκτη. Ο προγραμματιστής είναι αδιάβροχος IP68.



Ελέγχεται με WiFi μέσω δωρεάν application (και στην Ελληνική Γλώσσα) για Smartphone και τάμπλετ, το οποίο κατεβάζετε μέσω AppStore ή GooglePlay.



Ελέγχεται με WiFi από ειδική δωρεάν πλατφόρμα και από Υπολογιστή.

- Πρόσβαση από οπουδήποτε υπάρχει ίντερνετ
- 2-4-6 Στάσεις
- Απαιτεί μια μπαταρία 9V Αλκαλική



Χειροκίνητη Λειτουργία



Προγράμματα: 3



**Διάρκεια Ποτίσματος:
Από 1 λεπτό έως 12 ώρες**



**Ενάρξεις: Έως 8 διαφορετικές
Ώρες Έναρξης ανά Ημέρα**



**Συχνότητα Ποτίσματος: Ημερολογιακά,
μονές/ζυγές ημέρες, με διάστημα ημερών**









**Διακοπή Ποτίσματος Λόγω Βροχής (Rain
Delay): Μόνιμα ή από 1 έως 15 ημέρες.**

Χαρακτηριστικά:

- Μόνιμη διατήρηση μνήμης και στον προγραμματιστή και στο application
- Εσωτερικό κύκλωμα διατηρεί την μνήμη μέχρι 30 δευτερόλεπτα για αλλαγή μπαταρίας.
- Συμβατός με όλες τις ηλεκτροβάνες μπαταρίας DC (9V)
- **Δυνατότητα για τοποθέτηση αισθητήρα**
- Δυνατότητα για ηλεκτροβάνα μάστερ/ ρελέ αντλίας
- Μέγιστη απόσταση (Καλώδιο) μεταξύ προγραμματιστή και ηλεκτροβανών: 30m
- IP 68 – εντελώς αδιάβροχος
- **Απαιτεί την Κεραία-Πομποδέκτη Wf- MB (Σύνδεση με ρεύμα και WiFi) για να λειτουργήσει**
- Σε μια Κεραία-Πομποδέκτη συνδέονται μέχρι και 8 προγραμματιστές
- 8 Ενάρξεις ποτίσματος ανά πρόγραμμα
- 3 Προγράμματα
- Άρδευση ημερολογιακά, μονές/ζυγές ημέρες, με διάστημα ημερών
- Άρδευση από 1 λεπτό έως 12 ώρες
- Τοις εκατό ρύθμιση του ποτίσματος
- **Δυνατότητα μετονομασίας του προγραμματιστή και των στάσεων από το application**
- **Δυνατότητα εντοπισμού του προγραμματιστή μέσω χάρτη της εφαρμογής από google maps**





-  **Ακριβής και εύκολη Χρήση:**
Προγραμματισμός και έλεγχος μέσω Smartphone ή Tablet
-  **Απομακρυσμένη Χρήση:**
Διαχείριση σε πραγματικό χρόνο μέσω δωρεάν application και σύνδεση internet (Wi-Fi)
-  **Ελέγξτε τον προγραμματιστή Wi-Fi άμεσα από το διαδίκτυο**
-  **Εξοικονόμηση Νερού:**
Διακοπή ποτίσματος (Rain Delay) λόγω Βροχής
-  **Εντοπισμός Γεωγραφικής Θέσης Προγραμματιστή**
Δυνατότητα εντοπισμού του προγραμματιστή μέσω χάρτη της εφαρμογής από google maps
-  **Ένδειξη χαμηλής Μπαταρίας**
Μόνιμη διατήρηση μνήμης στον προγραμματιστή και στο application
Εσωτερικό κύκλωμα διατηρεί την μνήμη μέχρι 5 ώρες



Δωρεάν application για Smartphone και τάμπλετ, το οποίο κατεβάζετε μέσω AppStore ή GooglePlay.



WF-IP

Χρήση	9V Ηλεκτροβάνες	Σύνδεση	WiFi
Στάσεις	2/4/6	Έλεγχος μέσω	Smartphone / Tablet
Τροφοδοσία	9V		

Χαρακτηριστικά:

- Μέγιστη απόσταση (Καλώδιο) μεταξύ προγραμματιστή και ηλεκτροβανών: 30m
- Μέγιστη απόσταση μεταξύ προγραμματιστή και Πομποδέκτη WF-MB: 100m
- Συμβατός με ηλεκτροβάνες μπαταρίας DC (9v)
- Δυνατότητα για τοποθέτηση αισθητήρα
- Δυνατότητα για ηλεκτροβάνα μάστερ/ ρελέ αντλίας
- Θερμοκρασία: 0°C έως 50°C

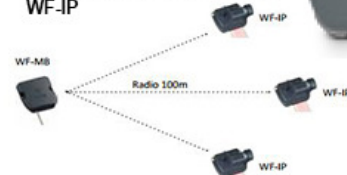
Ιδιότητες:

- 9V Αλκαλική Μπαταρία
- IP 68 – εντελώς αδιάβροχος
- Διασύνδεση: Ραδιοσυχνότητα μέσω συχνότητας ζώνης ISM

Διαστάσεις:

- Μήκος: 14cm
- Ύψος: 5,5cm
- Βάθος: 9cm

Η ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ WF-MB ΕΙΝΑΙ ΥΠΟΧΡΕΩΤΙΚΗ
- Ο Πομποδέκτης WF-MB Wi-Fi μπορεί να συνδεθεί μέχρι και 8 Προγραμματιστές WF-IP



3.9 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΕΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

3.9.1 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΕΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΕΤΑΙΡΙΑΣ SIGNATURE



Σειρά: 8240 & 8250 EZ Connect – WiFi & Ethernet - Indoor
Σειρά: 8340 EZ Connect – WiFi - Outdoor

Κωδικός Code	Περιγραφή Description	€
18-82-5012i	8250 EZ Connect- 12 Στ. Ethernet – Intelligent (εσωτ.χ.)	465,00
18-82-4012i	8240 EZ Connect- 12 Στ. WiFi – Intelligent (εσωτ.χ.)	529,00
18-83-4012i	8340 EZ Connect- 12 Στ. WiFi – Intelligent (εξωτ.χ.)	599,00





SCS SHARE

Save Login?

LOGIN

[New User?](#)

[Forgot My Password?](#)

V 4.0.0



My Sites

Welcome Share Tester

SHA-00616165126

Status Active

Expiration Date: Dec 06, 2020 12:01 AM

My Sites

Demo Site



Irvine Demo Site



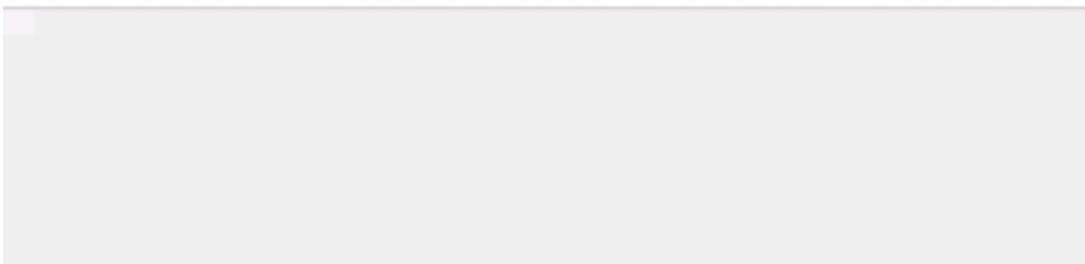
Irvine RMA Site



My Lighting



Peoria RMA Site





Please Select a Controller

My Controllers

	EZPro Online	8603 Peoria [3721]
	EZPro Online	8700 VM Peoria Temp Test [1181]
	EZPro Online	8700D Test [2288]
	EZPro Online	8700VM Test [1173]
	EZPro	8700VM WiFi [24d7]
	Offline	








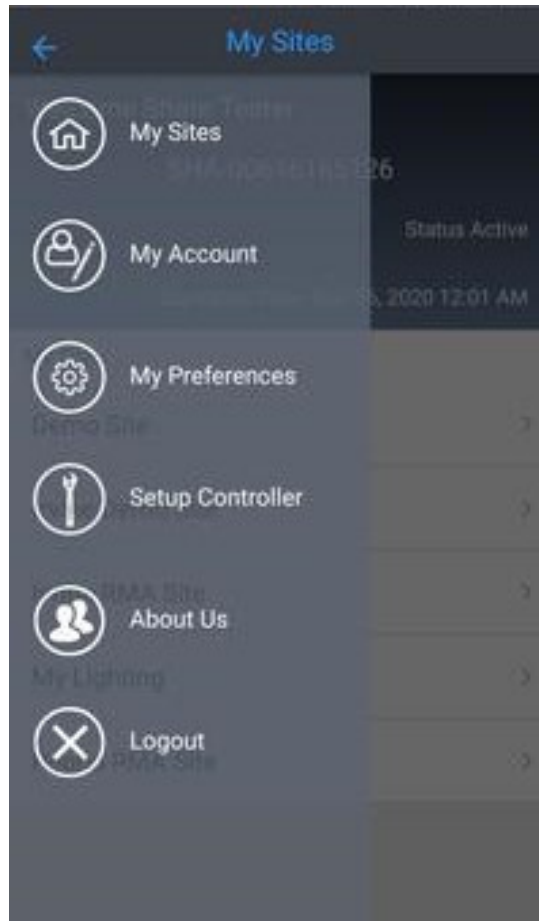
Tree View

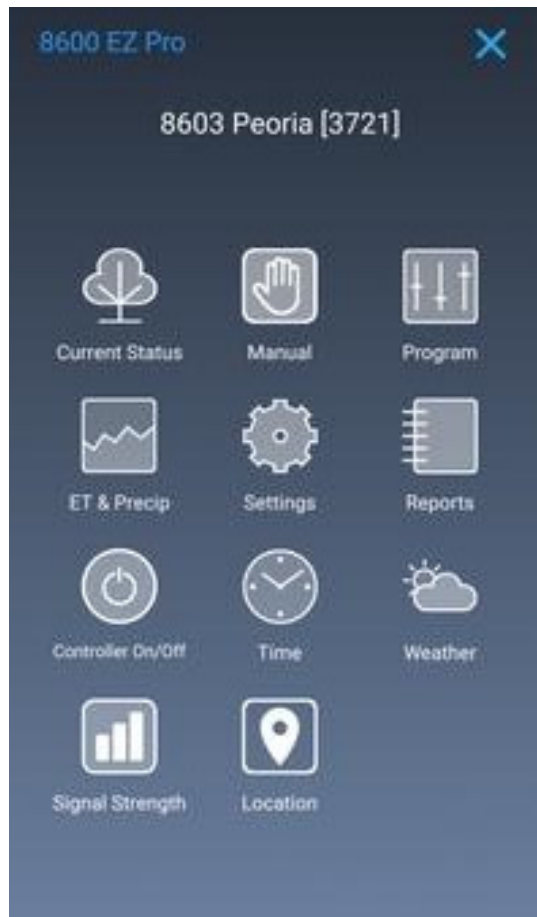


Search List

1) Grass Area 1 ←

Sprinkler Type Adjustable Arc Spray Nozzle	Sprinkler Efficiency 75 %	Precipitation Rate 3.00 inph
		
Plant Type Cool Season Grass	Soil Sandy Loam	Slope Gentle (4-6%)
		
Sun/Shade Mostly Sun	Root Depth 22.00 in	Root Zone Diameter 1 ft
		
Effective Rainfall 85 %	Current Deficit 43 %	Max Depletion 50 %
Runtime Calibration (Optional) Default	Runoff Calibration (Optional) Reduce (-25%)	Flow Rate (Optional) 0.00 gpm
Charge Period (Optional) 0 min	Area (Optional) 25 ft2	Number of Heads (Optional) 1
Maturity (Optional) Established	Type (Optional) Native or Drought Tolerant	Seasonality (Optional) Deciduous





3.9.2 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΕΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΕΤΑΙΡΙΑΣ GALCON





G.S.I. - Galcon Smart Irrigation

Κωδικός Code	Περιγραφή Description	€
05-GSI-244C	ΠΡΟΓΡ/ΣΤΗΣ GSI24 220VAC GPRS (χ.άδεια)	1.035,00
05-GSI-2402	AC-2 στ. Active online	1.096,00
05-GSI-2404	AC-4 στ. Active online	1.157,00
05-GSI-2408	AC-8 στ. Active online	1.278,00
05-GSI-2412	AC-12 στ. Active online	1.400,00
05-GSI-2416	AC-16 στ. Active online	1.459,00
05-GSI-2420	AC-20 στ. Active online	1.520,00
05-GSI-2424	AC-24 στ. Active online	1.584,00
05-GSI-1202	DC-2 στ. Passive online	955,00
05-GSI-1204	DC-4 στ. Passive online	1.016,00
05-GSI-1208	DC-8 στ. Passive online	1.137,00
05-GSI-1212	DC-12 στ. Passive online	1.259,00



Σύστημα ελέγχου άρδευσης μέσω Internet από PC ή Smartphone χωρίς την ανάγκη εγκατάστασης ειδικού λογισμικού Software. Ασύρματη επικοινωνία με χρήση SIM δεδομένων GPRS ή 3G.

- Ρεύματος: 24 στ. + MasterValve
- Ίπταριας 12 στ. + Master Valve .
- Ασφαλής ηλεκτρονική διαχείριση της άρδευσης - οπουδήποτε, οποτεδήποτε.
- Πρόσβαση από οποιοδήποτε υπολογιστή με πρόσβαση στο Internet.
- Ασφαλής προσωπική πρόσβαση στα δεδομένα και προγραμματισμός, μέσω password.
- Δυνατότητα αγοράς/επέκτασης των στάσεων του προγραμματιστή μέχρι το μέγιστο δυνατό (12 ή 24) ανά πάσα στιγμή μέσω Internet.

Χαρακτηριστικά

- Ειδοποίηση σε PC ή σε smartphone σε πραγματικό χρόνο.Γρήγορη πρόσβαση σε πληροφορίες.
- Δυνατότητα ελέγχου της ροής του νερού - χαμηλή ή υψηλή παροχή (διαρροές, σπασίματα αγωγών).
- Οκτώ (8) προγράμματα άρδευσης με απεριόριστες ώρες έναρξης.
- Προγραμματισμός άρδευσης βάση του τύπου της καλλιέργειας ή ποσοστιαία. Έλεγχος υδρολίπανσης.
- Οθόνη LCD για τοπικό χειρισμό του προγραμματιστή με απευθείας σύνδεση.
- Ενσωματωμένο modem δεδομένων GPRS ή 3G και εσωτερική κεραία.



Username

Password

Sign in

Version : 1.0



< EricL

0000000000002562

Program Name

EricL

Scheduling

Weekly Cyclic

Date Feb 26, 2016

Cycles 5

Start Times

Intervals Start Time

Start Time 23:00 **Off**

Start Time 11:45 **Off**

Start Time 01:00 **Off**

Start Time 04:00 **Off**

Advanced

Save



Reload



Settings



Stations

3.9.3 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΕΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΕΤΑΙΡΙΑΣ RAIN BIRD



Σειρά: ESP-RZXe – Indoor / Outdoor με δυνατότητα WiFi LINK

Κωδικός Code	Περιγραφή Description	Συσκ. Pack	€
36-03-090	RZX4i - indoor, 4 st.	6	93,00
36-03-091	RZX6i - indoor, 6 st.	6	105,00
36-03-092	RZX8i - indoor, 8 st.	6	123,00
36-03-093	RZX4 - Outdoor, 4 st.	6	146,00
36-03-094	RZX6 - Outdoor, 6 st.	6	167,00
36-03-095	RZX8 - Outdoor, 8 st.	6	204,00

- 4, 6, ή 8 st. Εσωτ./εξωτ. χώρου • Διάρκεια ποτίσμ. από 0 - 199 λεπτά • Ανεξάρτητο πρόγραμμα για κάθε στάση • 6 εκκινήσεις για κάθε στάση • 4 επιλογές άρδευσης ανά στάση: Ημέρες εβδομάδας, Μονές / Ζυγές ημέρες, Πότισμα κάθε 1-14 ημέρες.
- 4, 6, ή 8 st. indoor / outdoor • Station timing: 0 to 199 min, • Independent schedule per zone • 6 Start Times per zone • Program Day Cycles include Custom days of the week, Odd, Even, & Cyclical dates • Manual SINGLE or ALL stations • Power back-up: 2 x AAA batteries maintain time and date.



Σειρά: ESP-ME (Επεκτάσιμος έως 22στ.) με δυνατότητα WiFi LINK

Κωδικός Code	Περιγραφή Description	Συσκ. Pack	€
36-03-080	ESP-ME 4 st. Προγρ/στής / Controller 4 st.	6	260,00
36-03-081	ESP-SM3 Πλακέτα επέκτ. 3 στ. / Module 3 st.	1	56,70
36-03-082	ESP-SM6 Πλακέτα επέκτ. 6 στ. / Module 6 st.	1	102,00
36-03-083	Μετασχηματιστής / Transformer	1	80,60

- 4 στάσεων, επεκτάσιμος έως 22 στάσεις • 4 προγράμματα • 6 εκκινήσεις για κάθε πρόγραμμα • Διάρκεια ποτίσμ. από 1 λεπτό – 6 ώρες • Καθυστερήση ανάμεσα στις στάσεις: από 1 δευτ. έως 9 ώρες • Εποχιακή ρύθμιση 5% - 200% • 4 επιλογές άρδευσης: Ημέρες εβδομάδας, Μονές / Ζυγές ημέρες, κυκλικό πότισμα • Μη πτητική μνήμη, το πρόγραμμα παραμένει για 10 χρόνια. Η ώρα και η ημερομηνία διατηρούνται με μία μπαταρία λιθίου.
- 4 station expandable to 22 stations • 4 programs • 6 starts per day per program, up to 24 start time • Program. Schedules: 7-day weekly Even day/Odd day '1. 31# Cyclic • Run time: 1 min.- 6 hours • Delay between stations from 1 sec to 9 hours • Seasonal Adjust: 5% to 200% • Non-volatile memory permanently saves the current programming and a 10 year life lithium battery maintains the controllers time and date during power outages.



WiFi LNK module

Μετατρέπει τους ESP-RZΧε & ESP-ME σε δικτυακούς προγραμματιστές μέσω Wifi

Κωδικός Code	Περιγραφή Description	Συσκ. Pack	€
36-03-079	WiFi LNK για ESP-RZΧε & ESP-ME	10	168,00



Tap Add Controller to begin

Add Controller

Help/Support

Cancel

Add Controller



ESP ME3



ESP ME



ESP TM2



Cancel

Setup Controller

Next

Thank you for purchasing this Rain Bird WiFi Controller!

1. Your WiFi module should be flashing red and green.
2. If it is NOT flashing red and green, press the button on the WiFi module.



Back

Setup Controller

Next

1. Open the mobile device's Settings app.
2. Go to WiFi Settings.
3. Verify that WiFi is turned on. If not, turn it on.
4. Find and connect to the network with Rain Bird in the name.
5. After you have joined this network, return to the Rain Bird app, and press Next.

I don't see a Rain Bird network

I see multiple Rain Bird networks



Back

Setup Controller

Next

1. Open the mobile device's Settings app.
2. Go to WiFi Settings.
3. Verify that WiFi is turned on. If not, turn it on.

Error

- Please connect your mobile device to the network with Rain Bird in the name.

OK

I see multiple Rain Bird networks



I don't see a Rain Bird network

1. Confirm the WiFi module is fully plugged in.
2. Confirm the controller has power.
3. Verify the WiFi module is flashing red and green. If not, press the button on the front of the WiFi module.
4. If you don't see red and green flashing lights within 30 seconds, please call 1-800-RAIN-BIRD for assistance.



I see multiple Rain Bird networks

1. Remove the WiFi module and note the last 6 characters of the serial number on the back of the unit.
2. Reinsert the WiFi module and wait 15 seconds.
3. Press the button on the front of the WiFi module.
4. Confirm red and green flashing lights.
5. Find the network with Rain Bird AND last 6 characters of the serial number.
6. Join this network.
7. Return to the Rain Bird app and press Next.



3.9.4 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΕΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΕΤΑΙΡΙΑΣ HUNTER

Hunter®

The Irrigation Innovators



Προγραμματιστής Ρεύματος 6 Στάσεων Hunter Hydrawise HC 601i-E WiFi Indoor Εσωτερικού Χώρου

Κωδ. Προϊόντος: 10611698358143

Hunter®

Τιμή WEB: 239.00€

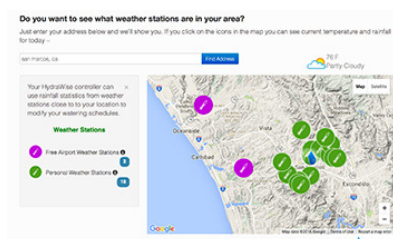
Τιμή καταστήματος: 290.00€



Η σειρά Προγραμματιστών Hydrawise συνδέονται μέσω δικτύου WiFi, δίνοντας την δυνατότητα στον χρήστη τον απομακρυσμένο προγραμματισμό και έλεγχο τους από οποιοδήποτε ηλεκτρονικό υπολογιστή, tablet ή smartphone.

Η σειρά Hydrawise της Hunter έχει την δυνατότητα λήψης μετεωρολογικών δεδομένων μέσω διαδικτύου και μπορεί να προσαρμόζει τα προγράμματα άδρευσης επιτυγχάνοντας μεγάλη εξοικονόμηση νερού.

Συγκεκριμένα οι ρυθμίσεις των προγραμμάτων βασίζονται σε τοπικά δεδομένα καιρού που παρακολουθούν την τρέχουσα και την προβλεπόμενη θερμοκρασία, βροχόπτωση, υγρασία και ταχύτητα ανέμου. Αυτό επιτρέπει την προσαρμογή των χρόνων και των ωρών ποτίσματος για την εξισορρόπηση της εξοικονόμησης νερού με την απόδοση νερού για τα φυτά.

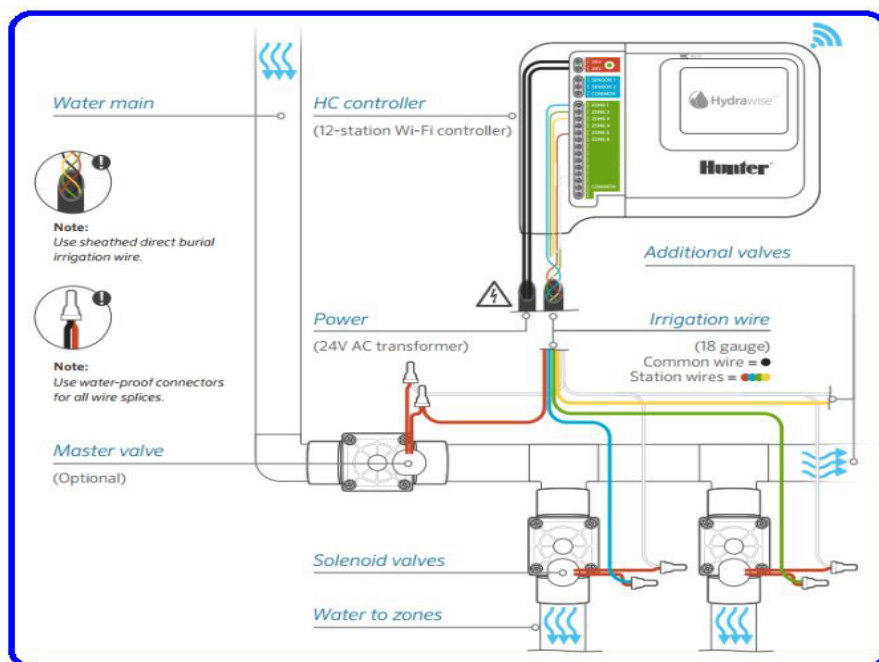
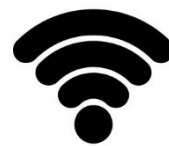


Χαρακτηριστικά:

- Αριθμός Στάσεων: 6-12-24-36
- Τύπος: Σταθερό
- Εσωτερικού Χώρου
- Ανεξάρτητα Προγράμματα: 36
- Ώρες έναρξης ανά πρόγραμμα: 6
- Είσοδοι αισθητήρων: 2
- Συμβατό με υδραυλικό λογισμικό
- Συμβατό με τηλεχειρηστήριο (smartphone)
- Συμβατό με αισθητήρα βροχής
- Μέγιστη ώρα ποτίσματος 24 ώρες
- Συμβατό με αισθητήρα ροής

Ηλεκτρολογικά Χαρακτηριστικά:

- Ρεύμα εισόδου μετασχηματιστή: 230 VAC
- Ρεύμα εξόδου μετασχηματιστή (24 VAC): 1 A
- Ρεύμα εξόδου σταθμού (24 VAC): 0,56 A
- Ρεύμα εξόδου Pump/Master Valve (24 VAC): 0,28 A
- Θερμοκρασία λειτουργίας: -18°C έως 60°C





Hunter®

Συνδεθείτε στο Hydrawise

[Ξεχάσατε τον κωδικό;](#)

Συνδέσου

Ή μέσω



Δεν έχετε λογαριασμό; [Εγγραφείτε Τώρα!](#)

Watering Schedule for My Controller



Info Click on any of your zones below to manually change × their watering schedules



Front Lawn



Front Garden



Rear Turf



Back Garden



Vegetables

Forecast

Tuesday



59 F

Clear



0%



42%



8 m/h

Wednesday



66 F

Clear



0%



39%



8 m/h

Thursday



67 F

Clear



0%



41%



8 m/h

Observations

Temperature

Current



Rainfall

Yesterday



Dashboard



Zones



Reports



My Customers



More

Watering Schedule



Download ▾

February 2016

Today



Day (stacked)

Day

Week (stacked)

Week

Month

Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat
31	1	2	3	4	5	6
		8a Rear Tu 8a Vegeta	8a Front G 12:20p Re 1:20p Veg	8a Rear Tu 9a Vegeta	8a Front L 10:06a Re 11:06a Ve	8a Rear Tu
7	8	9	10	11	12	13
8a Rear Tu 9a Vegeta	8a Rear Tu	8a Rear Tu 9a Vegeta	8a Rear Tu	8a Rear Tu 9a Vegeta	8a Rear Tu	8a Rear Tu 9a Vegeta
14	15	16	17	18	19	20
8a Rear Tu	8a Rear Tu 9a Vegeta	8a Rear Tu	8a Rear Tu 9a Vegeta	8a Rear Tu	8a Rear Tu 9a Vegeta	8a Rear Tu
21	22	23	24	25	26	27
8a Rear Tu 9a Vegeta	8a Rear Tu	8a Rear Tu 9a Vegeta	8a Rear Tu	8a Rear Tu 9a Vegeta	8a Rear Tu	8a Rear Tu 9a Vegeta
28	29	1	2	3	4	5
8a Rear Tu	8a Rear Tu 9a Vegeta	8a Rear Tu	8a Rear Tu 9a Vegeta			
6	7	8	9	10	11	12



Welcome to your Hydrawise Contractor Portal!

DASHBOARD



ALERTS

13 Alerts, 137 Events total

See all alerts and events for your customers? [Click here!](#)

TOP 3 RECENT ALERTS

-  for Hydrawise Contractor - February 1, 2016 at 7:55 pm
Using forecast information to update Smart Watering due to missing weather station information.
-  for Hydrawise Contractor - February 1, 2016 at 12:04 am
No valid weather station observations for last 48 hours. Please select a new weather station.
-  for Hydrawise Contractor - January 31, 2016 at 12:00 pm
Using forecast information to update Smart Watering due to missing weather station information.

CUSTOMERS



Dashboard



Zones



Reports



My Customers



More

Your HydraWise controller can use rainfall statistics from weather stations close to your location to modify your watering schedules. ✕

To select a weather station that you want to use, click on an icon on the map and then click the *Subscribe* button.

Users on the Enthusiast plan can select multiple stations for enhanced accuracy. ⓘ

Weather Stations

- **Free Airport Weather Stations** ⓘ 3
- **Personal Weather Stations** ⓘ 19
- **Selected Weather Stations** ⓘ 1




Dashboard


Zones


Reports


My Customers


More

3.9.5 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΕΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΕΤΑΙΡΙΑΣ SOLEM









SOLEM



WF-IS



Προγραμματιστής αυτόματου ποτίσματος με δυνατότητα απομακρυσμένου ελέγχου μέσω Wifi. Μπορείτε να έχετε πρόσβαση στον έλεγχο του προγραμματιστή από οπουδήποτε έχετε internet μέσω της ειδικής δωρεάν πλατφόρμας.

Χρήση	24V Ηλεκτροβάνες 	Σύνδεση	
Στάσεις	2/4/6/9/12	Έλεγχος μέσω	  
Τροφοδοσία	24V 		

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Εξωτερικός μετασχηματιστής (220/24)
Ειδικές κλέμες σύνδεσης καλωδίων
Συμβατός με ~~ηλεκτροβάνες 24Vac~~
και όλα τα πηνία 24V
Διαθέτει θέση για ρελέ αντλίας/ηλεκτροβάνας master
Δυνατότητα για τοποθέτηση αισθητήρα
Θερμοκρασία: 0°C - 50°C







ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Τροφοδοσία : 230 V-50 Hz / 24 V-50 Hz
Μεγίστη κατανάλωση 0,75 A (18 VA)
Αντικεραυνική προστασία μέχρι 4 kV

BL-IS : Bluetooth Smart 4.0 Χαμηλής κατανάλωσης
WF-IS : Συμβατό Wi-Fi 802.11 b/g,
WPA2-PSK, WPA, WEP
Μόνιμη διατήρηση προγράμματος
Εσωτερικό κύκλωμα διατηρεί τη μνήμη σε
περιπτωση πτώσης τάσης < 5hr

ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ

Πλάτος : 11 cm (2/4/6 Στάσεις)
ή 16 cm (9/12 Στάσεις)
Ύψος : 14,5 cm
Βάθος : 3,6 cm

-  **Χειροκίνητη Λειτουργία**
-  **Προγράμματα: 3**
-  **Διάρκεια Ποτίσματος:
Από 1 λεπτό έως 12 ώρες**
-  **Ενάρξεις: Έως 8 διαφορετικές
Ώρες Έναρξης ανά Ημέρα**
-  **Συχνότητα Ποτίσματος: Ημερολογιακά,
μονές/ζυγές ημέρες, με διάστημα ημερών**
-  **Διακοπή Ποτίσματος Λόγω Βροχής (Rain
Delay): Μόνιμα ή από 1 έως 15 ημέρες.**

Χαρακτηριστικά:

- Μόνιμη διατήρηση μνήμης και στον προγραμματιστή και στο application
- Εσωτερικό κύκλωμα διατηρεί την μνήμη μέχρι 5 ώρες
- Συμβατός με όλες τις ηλεκτροβάνες ρεύματος (24v)
- **Δυνατότητα για τοποθέτηση αισθητήρα**
- Δυνατότητα για ηλεκτροβάνα μαστερ/ ρελέ αντλίας
- **Συμβατό Wifi 802.11 b/g**
- 8 Ενάρξεις ποτίσματος ανα πρόγραμμα
- 3 Προγράμματα
- Αρδευση ημερολογιακά, μονές/ζυγές ημέρες, με διάστημα ημερών
- Αρδευση απο 1 λεπτό έως 12 ώρες
- Τοις εκατό ρύθμιση του ποτίσματος
- **Δυνατότητα μετονομασίας του προγραμματιστή και των στάσεων απο το application**
- **Δυνατότητα εντοπισμού του προγραμματιστή μέσω χάρτη της εφαρμογής απο google maps**





MySOLEM

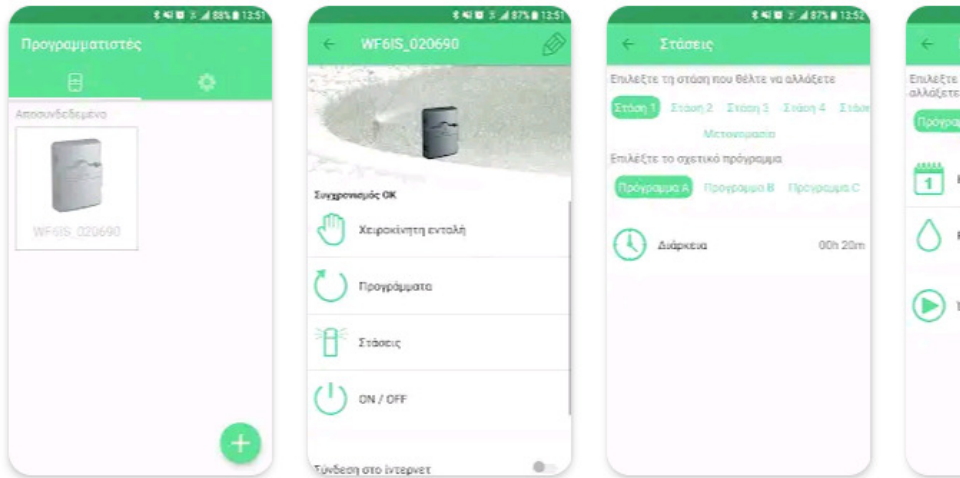
SOLEM S.A.S

3,2★
282 κριτικές

50 χιλ.+
Λήψεις

3
PEGI 3 ⓘ

Εγκατάσταση



Περιγραφή εφαρμογής



MySOLEM, Άρδευση και Αυτοματισμός

Εργαλεία



WF6IS_020690



Συγχρονισμός OK



Χειροκίνητη εντολή



Προγράμματα



Στάσεις



ON / OFF



Στάσεις

Επιλέξτε τη στάση που θέλτε να αλλάξετε

Στάση 1

Στάση 2

Στάση 3

Στάση 4

Στάση 5

Μετονομασία

Επιλέξτε το σχετικό πρόγραμμα

Πρόγραμμα A

Πρόγραμμα B

Πρόγραμμα C



Διάρκεια

00h 20m



Προγράμματα

Επιλέξτε το πρόγραμμα που θέλετε να αλλάξετε

Πρόγραμμα A

Πρόγραμμα B

Πρόγραμμα C



Ημέρες άρδευσης προσωποποιημένο



Ρύθμιση άρδευσης %

170 %



Ώρα έναρξης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΞΥΠΝΩΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΩΝ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται αναλυτικοί πίνακες πάνω στους έξυπνους προγραμματιστές που έχουμε παρουσιάσει στο 3ο κεφάλαιο. Οι πίνακες παρουσιάζουν συγκεντρωμένα τα κυριότερα χαρακτηριστικά για κάθε προγραμματιστή καθώς και τις τιμές τους όπως βρέθηκαν για την ελληνική αγορά. Στη συνέχεια δίνονται χρήσιμα συμπεράσματα που μας βοηθούν να αποφασίσουμε ποιός τύπος προγραμματιστή είναι ιδανικός για την εκάστοτε εργασία που τον χρειαζόμαστε.

4.2 ΠΙΝΑΚΕΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΩΝ

Πίνακας 1: Συγκριτική αξιολόγηση έξυπνων προγραμματιστών ρεύματος

Τεχνικά χαρακτηριστικά	Signature Solo rain 8240 (εσωτ. χώρου)	Signature Solo rain 8250 EZ Connect (εσωτ. χώρου)	Signature Solo rain 8340 series	Galcon Smart Irrigation 2402- 2424 Active Online	Galcon Smart Irrigation 1202-1212 Passive Online	Rain Bird ESP- RZX Series	Rain Bird ESP- ME Series	Hunter Hydrowise HC	Solem WF-IS	Solem WF-IP
Χρήση: (οικιακή/ επαγγελματική)	Οικιακή/ επαγγελματική	Οικιακή/ επαγγελματική	Οικιακή/ επαγγελματική	Οικιακή/ επαγγελματική	Οικιακή/ επαγγελματική	Οικιακή/ επαγγελματική	Οικιακή/ επαγγελματική	Οικιακή/ επαγγελματική	Οικιακή/ επαγγελματική	Οικιακή/ επαγγελματική
Αριθμός προγραμμάτων για το κάθε ένα	3	3	3	8	8	4	4	36	3	3
Αριθμός αυτόματων ενάρξεων ημερησίως ανά πρόγραμμα και συνολικά	3	3	3	Απεριόριστο	Απεριόριστο	6	6	6	8	8
Δυνατότητα χειροκίνητης	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι

έναρξης προγράμματος (Ναι/Όχι)										
Τροφοδοσία	Ρεύμα	Ρεύμα	Ρεύμα	Ρεύμα/ μπαταρία	Ρεύμα/ μπαταρία	Ρεύμα	Ρεύμα	Ρεύμα	Ρεύμα	Μπαταρία
Αριθμός στάσεων	12	12	12	2, 4, 8, 12, 16, 20, 24	2, 4, 8, 12	4, 6, 8	4- 22	6, 12, 24, 36	2, 4, 6, 9	2, 4, 6
Διάρκεια στάσεις	1 λεπτό- 5:59 ώρες	1 λεπτό- 5:59 ώρες	1 λεπτό- 5:59 ώρες	1 λεπτό- 24 ώρες	1 λεπτό- 24 ώρες	1 λεπτό- 199 λεπτά	1 λεπτό- 6 ώρες	1 λεπτό- 24 ώρες	1 λεπτό- 12 ώρες	1 λεπτό- 12 ώρες
Ταυτόχρονη λειτουργία πολλών στάσεων (Ναι/Όχι)	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι
Πρόγραμμα καθυστέρησης άρδευσης (Ναι/Όχι)	Όχι	Όχι	Όχι	Ναι	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι	Ναι	Ναι
Εκκίνηση αντλίας ή Master valve (Ναι/Όχι)	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι
Αυξομείωση χρόνου άρδευσης (Water Budget) (Ναι/Όχι)	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι
Διατήρηση προγράμματος (Ναι/Όχι)	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι
Αισθητήρας	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι

βροχής (Ναι/ Όχι)										
Αισθητήρας παροχής (Ναι/ Όχι)	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Ναι	Όχι
Αισθητήρας εδαφικής υγρασίας (Ναι/Όχι)	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Ναι	Ναι	Ναι
Ημερολόγιο 7 ημερών (Ναι/ Όχι)	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι
Πρόγραμμα μεταβλητού κύκλου (Ναι/ Όχι)	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι
Πρόγραμμα κύκλου μονών/ ζυγών (Ναι/Όχι)	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι
Πρόγραμμα ημερολογίου 365 ημερών (Ναι/Όχι)	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι
Τηλεχειρισμό ς (Ναι/Όχι)	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι
Σύνδεση με Smartphone, tablet, PC (Ναι/Όχι)	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι
Επιλογή μετεωρολογικ	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Ναι	Όχι	Όχι

ού σταθμού (Ναι/Όχι)										
Χρήση προβλέψεων καιρού (Ναι/Όχι)	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Ναι	Όχι	Όχι
Μετονομασία προγραμματιστή (Ναι/Όχι)	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Ναι	Ναι
Μετονομασία στάσεων (Ναι/Όχι)	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Ναι	Ναι
Εφαρμογή στην Ελληνική γλώσσα (Ναι/Όχι)	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Ναι	Ναι	Ναι
Κόστος προγραμματιστή	529,00 €	465,00 €	599,00 €	1.096,00 €- 1.584,00 €	955,00 €- 1.259,00 €	93,00 €- 204,00 €	260,00 €	290,00 €- 730,00 € (με πλακέτα επέκτασης)	263,00 €- 310,00 €	145,00 €- 180,00 €

4.3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Είναι δύσκολο να καταλήξει κανείς σε συμπέρασμα όσον αφορά το ποιος προγραμματιστής είναι ο καλύτερος, δίχως να λάβει υπόψη τη συχνότητα άρδευσης, το επίπεδο αυτοματισμού και φυσικά την τιμή του κάθε προγραμματιστή. Συγκρίνοντας μεταξύ των προγραμματιστών θα πρέπει σε πρώτο βαθμό να δούμε ποιες είναι οι απαιτήσεις για νερό των φυτών μας και πόσο συχνά χρειάζονται να τα ποτίσουμε.

Αναλύοντας τους παραπάνω πίνακες μπορούμε να πούμε ότι οι προγραμματιστές οικιακής χρήσης και επαγγελματικής χρήσης με μπαταρία όλων των εταιριών, από θέμα τιμής και απόδοσης κυμαίνονται σε διαφορετικά επίπεδα ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους. Αυτός που ξεχωρίζει είναι ο SOLEM WF-IP καθώς έχει πολύ χαμηλότερη τιμή σε σχέση με τους ανταγωνιστές του.

Στους προγραμματιστές ρεύματος, οι τιμές κυμαίνονται ανάλογα με τις στάσεις, τον αριθμό προγραμμάτων και το χρόνο λειτουργίας τους. Τρεις προγραμματιστές που ξεχωρίζουν είναι ο HUNTER HC, ο RAINBIRD ESP-RZX, και ο RAINBIRD ESP-ME series καθώς η σχέση τιμής και χαρακτηριστικών και διαθέσιμων επιλογών, όπως αριθμός προγραμμάτων και στάσεων, είναι αρκετά πιο συμφέρουσα σε σχέση με τους υπόλοιπους προγραμματιστές. Ο αγοραστής - επαγγελματίας μπορεί να επιλέξει αυτόν που του ταιριάζει καλύτερα ανάλογα με τις ανάγκες του και το κόστος, λαμβάνοντας πάντα τη γνώμη του ειδικού επιστήμονα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνόγλωσση

1. Παπαζαφειρίου, Ζ. (1998). «Αρχές και πρακτική των αρδεύσεων», Εκδόσεις Ζήτη
2. Μπαμπίλης, Δ. (2004). «Αρδευτικά δίκτυα πρασίνου», Εκδόσεις Σταμούλη
3. Μάγγανος, Γ. (2012). «Συγκριτική αξιολόγηση προγραμματιστών άρδευσης», Πτυχιακή εργασία, Τμήμα Μηχανολογίας και Υδάτινων Πόρων, Τ.Ε.Ι. Μεσολογγίου

Ξενόγλωσση

1. Elmaloglou, S., & Malamos, N. (2007). Estimation of Width and Depth of the Wetted Soil Volume Under a Surface Emitter, Considering Root Water-Uptake and Evaporation. *Water Resources Management*, 21(8), 1325–1340. <https://doi.org/10.1007/s11269-006-9084-5>
2. Malamos, N., & Koutsoyiannis, D. (2018). Field survey and modelling of irrigation water quality indices in a Mediterranean island catchment: a comparison between spatial interpolation methods. *Hydrological Sciences Journal*, 63(10), 1447–1467. <https://doi.org/10.1080/02626667.2018.1508874>
3. Tegos, A., Malamos, N., & Koutsoyiannis, D. (2015). A parsimonious regional parametric evapotranspiration model based on a simplification of the Penman–Monteith formula. *Journal of Hydrology*, 524, 708–717. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.03.024>
4. Tegos, A., Malamos, N., Efstratiadis, A., Tsoukalas, I., Karanasios, A., & Koutsoyiannis, D. (2017). Parametric Modelling of Potential Evapotranspiration: A Global Survey. *Water*, 9(10), 795. <https://doi.org/10.3390/w9100795>

Ιστοσελίδες

1. <https://www.bratis.gr> Αφοί Μπράτη ΕΠΕ
2. <http://www.geomechaniki.gr>, Γεωμηχανική Αθηνών ΕΠΕ
3. www.allwater.gr- ΑΦΟΙ ΣΒΟΥΡΔΑΚΟΥ
4. www.agrodomi.gr- Μ.& Ζ. ΚΑΚΚΑΒΑ Ο.Ε.
5. www.orbitonline.com
6. www.krain.com

7. www.toro.com
8. www.hunterindustries.com
9. www.rainbird.com
10. www.galconc.com